

INNOVACIÓN EDUCATIVA

Volumen 22

90

■ CUARTA ÉPOCA ■

septiembre-diciembre, 2022

september-december, 2022

ISSN 1665-2673

EN LA SECCIÓN ALEPH

Relaciones humanas, vinculación y registros de representación en las disciplinas científicas, la apuesta del siglo XXI

Human relations, bonding and representation registers
in scientific disciplines, the bet of the XXI century

MAXIMILIANO DE LAS FUENTES LARA WENDOLYN ELIZABETH AGUILAR SALINAS OSCAR DAVID CALVO SOLANO
RAMÓN MASÍS ROJAS RAFAEL EVELIO GRANADOS CARVAJAL MIREYA DEL SOCORRO OVANDO-ROCHA
FELIPE CABALLERO-BRIONES DIANA DEL CARMEN TORRES-CORRALES GISELA MONTIEL-ESPINOSA
SAMARA GUZMAN-ENRIQUEZ KATHERINA EDITH GALLARDO CÓRDOVA
NELLY EBLIN BARRIENTOS GUTIÉRREZ



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

INNOVACIÓN

E D U C A T I V A

Volumen 22

90

■ CUARTA ÉPOCA ■

septiembre-diciembre, 2022

september-december, 2022

ISSN 1665-2673

SECCIÓN ALEPH

Relaciones humanas, vinculación y registros de representación en las disciplinas científicas, la apuesta del siglo XXI

Human relations, bonding and representation registers in scientific
disciplines, the bet of the XXI century

INDIZACIÓN

Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONACyT
Clarivate Analytics Web of Science (WoS)-SCIELO Citation Index

REDALYC

Scientific Electronic Library Online, SCIELO

Latindex-Directorio

Clase

Dialnet

Publindex

Ranking Redib-Clarivate Analytics

Rebiun

Índice Internacional «Actualidad Iberoamericana»

CREDI de la OEI

IRESE

Registrada en los catálogos HELA y CATMEX

EBSCO-Host, Educational Research

CENGAGE Learning

Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico del CSIC y UNIVERSIA

Matriz de Información para el Análisis de Revistas

Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Barcelona

La Referencia

CRUE

Publindex



**DIRECTORIO
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

Arturo Reyes Sandoval

Director General

Carlos Ruiz Cárdenas

Secretario General

Mauricio Igor Jasso Zaranda

Secretario Académico

Laura Arreola Mendoza

Secretaria de Investigación y Posgrado

Ricardo Monterrubio López

Secretario de Innovación e Integración Social

Ana Lilia Coria Páez

Secretaria de Servicios Educativos

Javier Tapia Santoyo

Secretario de Administración

Noel Miranda Mendoza

Secretario Ejecutivo de la Comisión de Operación

y Fomento de Actividades Académicas

José Alfredo Camacho Sánchez

Secretario Ejecutiva del Patronato de Obras e Instalaciones

María de los Ángeles Jasso Cisneros

Abogada General

Modesto Cárdenas García

Presidente del Decanato

Orlando David Parada Vicente

Coordinador General de Planeación e Información Institucional

Eva Rosario García De Zaldo

Coordinadora de Imagen Institucional

M. en E. José Armando Rodríguez Mena

Director de Formación e Innovación Educativa

Equipo Editorial Editorial Staff

Juan J. Sánchez Marín

Diseño y desarrollo WEB
Web Development and Design
Diseño y formación
Design and page layout

Beatriz Arroyo Sánchez

Coordinadora de edición
Manager of the editing

Adriana Mendoza Ramos

María del Consuelo Andrade Gil
Max Calvillo Velasco
Corrector (a) de Estilo
Proof editing

Guadalupe Cantú Morales

Asistente Ejecutiva
Executive Assistant



Innovación Educativa es una revista científica mexicana, arbitrada por pares a ciegas, indizada y cuatrimestral, que publica artículos científicos inéditos en español e inglés. La revista se enfoca en las nuevas aproximaciones interdisciplinarias de la investigación educativa para la educación superior, donde confluyen las metodologías de las humanidades, ciencias sociales y de la conducta. *Innovación Educativa* es una revista que se regula por la ética de la publicación científica expresada por el *Committee of Publication Ethics*, COPE. Cuenta con los indicadores que rigen la comunicación científica actual y se suma a la iniciativa de acceso abierto no comercial (*open access*), por lo que no aplica ningún tipo de embargo a los contenidos. Su publicación corre a cargo de la Dirección de Formación e Innovación Educativa de la Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional.

Número de certificado de reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor: 04-2006053010202400-102 Número de certificado de licitud de título: 11834 Número de certificado de licitud de contenido: 8435 Número de ISSN: 1665-2673 ISSN digital: 2594-0392

INDIZACIÓN

Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología del CONACyT; Clarivate Analytics Web of Science (WoS)-SCIELO Citation Index; REDALYC; Scientific Electronic Library Online, SCIELO; Latindex-Directorio; Clase; Dialnet; Ranking Redib-Clarivate Analytics; Índice Internacional «Actualidad Iberoamericana»; IRESIE. Registrada en los catálogos HELA y CATMEX; Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico del CSIC y UNIVERSIA; Matriz de Información para el Análisis de Revistas; La Referencia; CRUE-REBIUN.

Innovación Educativa cuenta con la participación de evaluadores externos en el proceso de arbitraje.

Domicilio de la publicación: Dirección de Formación e Innovación Educativa de la Secretaría Académica, Edificio «Adolfo Ruiz Cortines», Av. Wilfrido Massieu s/n, esq. Luis Enrique Erro, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco, Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México. Teléfono: 52-5557296000, exts. 57120, 57177 y 57166. Correo: innova@ipn.mx Portal digital: <https://www.ipn.mx/innovacion/>

Los artículos firmados son responsabilidad exclusiva de sus autores y no reflejan necesariamente el criterio de la institución, a menos de que se especifique lo contrario. Se autoriza la reproducción parcial o total siempre y cuando se cite explícitamente la fuente.

Innovación Educativa is a Mexican scientific journal; blind peer-reviewed, it is indexed and published every four months, presenting new scientific articles in Spanish and English. The journal focuses on new interdisciplinary approaches to educational research in higher education, bringing together the methodologies of the humanities, social and behavioral sciences. *Innovación Educativa* is a journal regulated by the ethics of scientific publications expressed by the Committee of Publication Ethics, COPE, and participates in the initiative for non-commercial open access, and thus does not charge any fees or embargo for its contents. It is published by the Directorate of Educational Training and Innovation of the Academic Secretariat of the Instituto Politécnico Nacional, Mexico.

Number of reserve certificate given by the Instituto Nacional de Derecho de Autor: 04-2006053010202400-102 Number of certificate of title lawfulness: 11834 Number of certificate of content lawfulness: 8435 ISSN Number: 1665-2673 Digital ISSN: 2594-0392

INDEXING

Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas de Ciencia y Tecnología of CONACyT; Clarivate Analytics Web of Science (WoS)-scielo Citation Index; REDALYC; Scientific Electronic Library Online, SCIELO; Latindex-Directorio; Clase; Dialnet; Ranking Redib-Clarivate Analytics; Índice Internacional «Actualidad Iberoamericana»; IRESIE. Registered in the HELA and CATMEX catalogues; Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico of CSIC y UNIVERSIA; Matriz de Información para el Análisis de Revistas; La Referencia; CRUE-REBIUN.

Innovación Educativa includes the participation of external evaluators in the peer review process.

Publication address: Dirección de Formación e Innovación Educativa de la Secretaría Académica, Edificio «Adolfo Ruiz Cortines», Av. Wilfrido Massieu s/n, esq. Luis Enrique Erro, Unidad Profesional "Adolfo López Mateos", Zacatenco, Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Mexico City. Phone: 52-5557296000, exts. 57120, 57177 y 57166. E-mail: innova@ipn.mx Web: <https://www.ipn.mx/innovacion/>

Signed articles are the sole responsibility of the authors and do not necessarily reflect the point of view of the institution, unless otherwise specified. Total or partial reproduction is allowed provided that the source is acknowledged.

Contenido

	Presentación	6
	▶ Revista <i>Innovación Educativa</i>	
[ALEPH]	Secuencia didáctica apoyada con el software GeoGebra y problemas de optimización para el estudio de conceptos de cálculo diferencial Didactical sequence supported by GeoGebra software and optimization problems to study of differential calculus concepts	9
	▶ Maximiliano De Las Fuentes Lara y Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas	
	La Teoría del Actor-Red y el Análisis de Redes Sociales en la educación continua de los profesionales en Bibliotecología The Actor-Network Theory and the Social Network Analysis in the continuing education of professionals in Library Science	37
	▶ Oscar David Calvo Solano, Ramón Masís Rojas y Rafael Evelio Granados Carvajal	
	Ejercicio de observación participativa para fomentar vocaciones y competencias científicas en la Universidad Tecnológica de Altamira An exercise of participative observation to foment scientific vocations and competences in the Technological University of Altamira	61
	▶ Mireya del Socorro Ovando-Rocha y Felipe Caballero-Briones	
	Características matemáticas y contextuales de la Trigonometría en el repaso para Robótica en Ingeniería Mecatrónica Mathematical and contextual features of Trigonometry in the preliminaries for Robotics in Mechatronics Engineering	82
	▶ Diana del Carmen Torres-Corrales y Gisela Montiel-Espinosa	
[INNOVUS]	Compromiso del aprendizaje adulto y andragogía: Una revisión sistemática de literatura Adult Learner Engagement and Andragogy: A Systematic Review of Literature	105
	▶ Samara Guzman-Enriquez Katherina Edith Gallardo Córdova	
	Modelo educativo y transformación del ambiente de aprendizaje en Oaxaca: un estudio de caso Educational modeling and transformation of learning environments In Oaxaca: a case of study	126
	▶ Nelly Eblin Barrientos Gutiérrez	
	Colaboradores	142
	Lineamientos 2022	145
	Guidelines 2022	149



DIRECTOR

Lorenzo Javier ReyesTrujillo
EDITOR EN JEFE / EDITOR IN CHIEF
José Armando Rodríguez Mena

Comité Editorial Editorial Board

Asoke Bhattacharya
Teethtanker Mahaveer University, India
Tomasso Bobbio
Università degli Studi di Torino, Italia
David Callejo Pérez
The Pennsylvania State University,
EUA
Jayeel Cornelio Serrano
Ateneo de Manila University, Filipinas
Pedro Flores Crespo
Universidad Autónoma de
Querétaro, México
Eugenio Echeverría Robles
Centro Latinoamericano de Filosofía
para Niños, México
Alejandro J. Gallard Martínez
Georgia Southern University, EUA
Manuel Gil Antón
El Colegio de México, México
Nirmalya Guha
Manipalá University, India
Abel Hernández Ulloa
Universidad de Guanajuato, México
Rocío Huerta Cuervo
Instituto Politécnico Nacional, México
Javier Lezama Andalón
Instituto Politécnico Nacional, México

Antonio Medina Rivilla
Universidad Nacional de Educación
a Distancia, España
Raymundo Morado
Universidad Nacional Autónoma de
México, México
Marie Noëlle-Rodríguez
Alliance française de Rio de Janeiro,
Brasil
Pilar Pozner
Investigador independiente,
Argentina
Benjamín Preciado Solís
El Colegio de México, México
Chakravarthi Ram-Prasad
University of Lancaster, Inglaterra
Claudio Rama Vitale
Universidad de la Empresa, Uruguay
Lizette Ramos de Robles
Universidad de Guadalajara, México
Antonio Rivera Figueroa
Cinvestav, México
Hernando Roa Suárez
Universidad de Santo Tomás,
Colombia
Carlos Roberto Ruano
United Nations, World Food Program

María Luisa C. Sadorra
National University of Singapore,
Singapore
Miguel A. Santos Rego
Universidad de Santiago de
Compostela, España
Luz Manuel Santos Trigo
CINVESTAV, México
Juan Silva Quiroz
Universidad de Santiago de Chile,
Chile
Kenneth Tobin
The Graduate Center,
City University of New York, EUA
Jorge Uribe Roldán
Facultad de Negocios Internacionales,
UNICOC, Colombia
Alicia Vázquez Aprá
Universidad Nacional de Río Cuarto,
Argentina
Claudia Marina Vicario Solórzano
Instituto Politécnico Nacional, México
Attiya Warris
University of Nairobi, Kenia
David Williamson Shaffer
University of Wisconsin, EUA

Comité de Arbitraje Arbitration Committee

Sandra Acevedo Zapata*
Universidad Nacional Abierta y a
Distancia, Colombia
Jesús Aguilar Nery*
IISUE, Universidad Nacional
Autónoma de México
Luis O. Aguilera García*
Universidad de Holguín, Cuba
Noel Angulo Marcial
Instituto Politécnico Nacional, México
Luis Arturo Ávila Meléndez
Instituto Politécnico Nacional, México
Alma A. Benítez Pérez
Instituto Politécnico Nacional, México
**Francois Charles Bertrand
Pluvillage**
CINVESTAV, México
Carmen Carrión Carranza*
Comité Regional Norte de
Cooperación UNESCO, México
María Elena Chan Nuñez*
Universidad de Guadalajara, México
Ivania de la Cruz Orozco*
CIDE, México
Raúl Derat Solís*
Universidad Autónoma de
Tamaulipas, México
Daniel Eudave*
Universidad Autónoma de
Aguascalientes, México
Francisco Farnum*
Universidad de Panamá, Panamá
Alejandra Ferreiro Pérez*
Cenidi - Danza José Limón - CENART,
México
Katherina E. Gallardo Córdova*
Tecnológico de Monterrey, México
Luis Guerrero Martínez*
Universidad Iberoamericana, México
Claudia A. Hernández Herrera
Instituto Politécnico Nacional, México

Luz Edith Herrera Díaz
Universidad Veracruzana, México
Ignacio R. Jaramillo Urrutía*
Red ILUMNO, Colombia
Maricela López Ornelas*
Universidad Autónoma de Baja
California, México
Mónica López Ramírez*
Universidad Nacional Autónoma de
México, México
Marcela Mandiola Cotroneo*
Facultad de Economía y Negocios,
Universidad Alberto Hurtado, Chile
Víctor M. Martín Solbes*
Universidad de Málaga, España
Javier Martínez Aldanondo*
Catenaria, Chile
Ricardo Martínez Brenes*
Organización de las Naciones
Unidas para la Educación, la Ciencia
y la Cultura, Costa Rica
María Fernanda Melgar*
Universidad Nacional de Río Cuarto,
Argentina
Mónica del Carmen Meza*
Escuela de Pedagogía, Universidad
Panamericana, México
Tomás Miklos*
Instituto Nacional de Asesoría
Especializada, S.C., México
Adrián Muñoz García*
El Colegio de México, México
Claudia Fabiola Ortega Barba*
Escuela de Pedagogía, Universidad
Panamericana, México
Eufrasio Pérez Navío*
Universidad de Jaén, España
Ramón Pérez Pérez*
Universidad de Oviedo, España

Ana María Prieto Hernández*
Investigadora independiente, México
Jesús Antonio Quiñones*
Universidad Abierta y a Distancia,
Universidad Santo Tomás, Colombia
Irazema E. Ramírez Hernández*
Benemérita Escuela Normal
Veracruzana, México
Leticia Nayeli Ramírez Ramírez*
Tecnológico de Monterrey, México
Ana Laura Rivoir Cabrera*
Universidad de la República, Uruguay
Elena F. Ruiz Ledesma
Instituto Politécnico Nacional, México
Hugo E. Sáez Arreceygor*
Universidad Autónoma
Metropolitana, México
Giovanni Salazar Valenzuela*
Universidad Nacional Abierta y a
Distancia de Colombia, Colombia
Cristina Sánchez Romero*
Universidad Nacional de Educación
a Distancia, España
Corina Schmelkes*
Universidad Autónoma del Noreste,
México
Velumani Subramaniam
CINVESTAV, México
Javier Tarango Ortiz*
Universidad Autónoma de
Chihuahua, México
Javier José Vales García*
Instituto Tecnológico de Sonora, México
Felipe Vega Mancera*
Universidad de Málaga, España
Lorenza Villa Lever*
Universidad Nacional Autónoma de
México, México
Federico Zayas Pérez*
Universidad de Sonora, México

*Árbitro externo

Presentación

Vygotsky decía que para que el ser humano pudiera tener desarrollo primero tenía que existir un aprendizaje significativo, mismo que sólo se produce en situaciones sociales en las que se producen procesos de mediación. Es en los espacios donde socializamos en los cuales encontramos las herramientas culturales necesarias para actuar en el entorno, entre éstas, la notación matemática. El primer artículo de esta edición aborda la importancia de potencializar en los estudiantes el aprendizaje de la geometría a través del uso de unas de las herramientas culturales más avanzadas en educación: las TIC, pues éstas facilitan tanto la apropiación de contenidos que se vuelven aprendizajes significativos como el hecho de saber cómo ponerlos en práctica en la vida real. Así, esta investigación de corte cuantitativo busca crear una propuesta pedagógica que se beneficie de las capacidades de mediación que ofrece GeoGebra, entre cuyas bondades se encuentra la capacidad para fomentar el aprendizaje permanente, apostando por la vinculación mediante los distintos registros de representación.

Uno de los temas que siempre han estado en el foco de interés de la investigación científica ha sido el de la vinculación entre los humanos, es decir, el cómo surgen las relaciones y cómo es que se crean las distintas redes que circundan al *socius*. El segundo artículo de esta edición nos presenta un estudio de caso explicativo y deductivo con interpretación crítica de una práctica que se realizó con un grupo de docentes, estudiantes y profesionales que tomaron un curso de la Teoría del Actor-Red (TA-R) y el Análisis de Redes Sociales (ARS) aplicado en Bibliotecología, mismo que fue impartido en una universidad costarricense. Un artículo que, además de su valioso aporte, nos permite conocer más sobre cómo realizar estudios de este tipo debido a su excelente y muy detallada descripción del trabajo realizado.

Y continuando con el afán de sumarse a los esfuerzos mundiales por fortalecer las capacidades científicas en quienes se encuentren en proceso de profesionalización, el tercer artículo nos ofrece una perspectiva de lo que un grupo de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Altamira vivió al realizar una estancia en CICATA Altamira. La finalidad de este estudio es que el estudiantado fuera capaz de aplicar los conocimientos adquiridos en las áreas de ciencias y tecnologías y, a través de las vicisitudes que en este proceso se presentaran, identificar aquellas imprecisiones o brechas que puedan estar impactando en la correcta aplicación de los mismos.

El cuarto artículo de esta edición nos sumerge en los hallazgos de una investigación que parte de la teoría socioepistemológica que, dicho sea de paso, cada vez toma mayor fuerza en el mundo académico, quizá porque facilita el reconocimiento de algunas de las prácticas enraizadas en el contexto social, mismos que se posicionan como espacios ideales para realizar la in-

vestigación del objeto de estudio elegido. Esta investigación que también se apoya en la etnografía, grupos de discusión, la observación participante y el control cruzado de las investigadoras pretende identificar el *uso social* del objeto matemático, en este caso: la trigonometría en el repaso para robótica en ingeniería mecánica. Esto permite a el/la lector/a situar el *saber* en escenarios socioculturales, partiendo de la premisa de que dicho saber debe ser compartido y funcional, lejos de ser un saber aislado, desarticulado, que imposibilite ofrecer soluciones a problemáticas de interés actual.

Muchas veces pensamos que sólo niños y jóvenes son en quienes debemos enfocar los esfuerzos realizados por la maquinaria educativa, sin embargo, el quinto artículo de esta edición nos permite visibilizar la trascendencia que tienen los adultos en la conformación y desarrollo de nuestras sociedades. De este modo, los autores intentan hacer converger los conocimientos que se tienen sobre el Compromiso de Aprendizaje de los Estudiantes (CAE), específicamente en estudiantes Adultos en Educación Superior (AES), los instrumentos con los que este compromiso se define y se mide, así como las ideas existentes sobre la andragogía pues, al hacerles funcionar juntos, se fortalecerán los ambientes de enseñanza y aprendizaje que, como bien señalan los autores, presentan retos muy distintos en esta etapa en la que la educación en línea y el aprendizaje autodirigido se han hecho más presentes que nunca.

El último artículo también nos muestra los innovadores avances que se han tenido con respecto al proceso de enseñanza–aprendizaje al hacernos comprender mejor algunos de los elementos que componen los modelos educativos de nueva generación, en específico, a aquellas acciones vinculadas al ejercicio de valores. El artículo refiere a un estudio de caso que se realizó en la Universidad del Papaloapan, campus Tuxtepec, en el que se buscaba hacer una evaluación con respecto al nivel de alcance que el modelo educativo tiene en relación con las percepciones de los estudiantes que pertenecen a un programa educativo del campus referido, particularmente a las percepciones acerca de la fauna que existe en dicho campus, reforzando así el impacto que tiene el diseño de espacios educativos que estén en armonía con los elementos de la naturaleza, ya que ello trasciende directamente en el impacto que tiene el proceso de enseñanza–aprendizaje.

[ALEPH]

Secuencia didáctica apoyada con el software GeoGebra y problemas de optimización para el estudio de conceptos de cálculo diferencial

Maximiliano De Las Fuentes Lara
Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas
Universidad Autónoma de Baja California, México

Resumen

En esta investigación se llevó a cabo un análisis cuantitativo sobre las habilidades matemáticas que se producen en los estudiantes a partir del uso de una secuencia didáctica que incorpora GeoGebra y problemas de optimización para el estudio de conceptos de cálculo diferencial. La secuencia didáctica es puesta en escena en un entorno universitario con estudiantes de las carreras de ingeniería donde los problemas de optimización son el pretexto natural para el estudio de puntos críticos, función creciente y decreciente, puntos de inflexión y concavidad. El diseño de la estrategia didáctica y la evaluación de las habilidades matemáticas alcanzadas por los estudiantes se basa en la teoría de las representaciones, el instrumento de evaluación es de tipo criterial y el análisis de los resultados muestran que la secuencia didáctica favorece directamente a los estudiantes en la determinación de las coordenadas de máximos y mínimos relativos a partir de su representación gráfica y la asociación del signo de la derivada con los intervalos en donde la función es creciente o decreciente.

Palabras clave

Aprendizaje de las matemáticas, cálculo, instrumentos de evaluación, secuencias didácticas, *software* libre.

Didactical sequence supported by GeoGebra software and optimization problems to study of differential calculus concepts

Abstract

In this research, a quantitative analysis was carried out on the mathematical skills that are produced in students from the use of a didactical sequence that incorporates GeoGebra and optimization problems to study of differential calculus concepts. The didactical sequence is staged in a university environment with students of engineering careers, where optimization problems are the natural excuse for the study of critical points, increasing and decreasing function, turning points and concavity. The design of the didactic strategy and the evaluation of the mathematical skills achieved by the students is based on the theory of representations, the evaluation instrument is of a criterial type and the analysis of the results show that the didactic sequence directly favors the students in the

Keywords

Learning mathematics, calculus, evaluation tools, teaching sequences, free software.

Recibido: 29/09/2020

Aceptado: 28/03/2022

determination of the coordinates of relative maximums and minimums from their graphic representation, and the association of the sign of the derivative with the intervals where the function is increasing or decreasing.

1. Introducción

México es un país lleno de diversidad y desigualdad que se demuestra en los conocimientos matemáticos de los estudiantes. A partir de los resultados de PISA (Programme for International Student Assessment) 2006 se observa que el rendimiento de los estudiantes mexicanos fue inferior al de otros países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), pero que de igual manera lo eran el ingreso per cápita y otros indicadores del desarrollo económico y social del país (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, 2013).

Eugenio Filloy Yagüe y Carlos Imaz Jahnke, investigadores pioneros en el área de las matemáticas, coincidían en que los estudios en el área debían realizarse desde las matemáticas mismas hacia la educación, de ahí la denominación de matemática educativa, sentando las directrices para posteriores estudios que se realizan en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Martínez y Camarena, 2015). Ya que las matemáticas no son sólo para la ciencia, sino también son una importante herramienta que las personas utilizan para resolver los problemas de la vida diaria (Ozdamli, Karabey y Nizamoglu, 2012), tratar de conectar a las matemáticas con los problemas de la sociedad es uno de los aspectos que actualmente promueven los sistemas educativos, más los relacionados al desarrollo de competencias básicas (Madrid, Maz, León y López, 2017).

Según Martínez y Camarena (2015), parte de los temas que deben ser abordados por las instituciones, investigadores y docentes en relación con la educación matemática son: la incorporación de la tecnología electrónica como mediadora del aprendizaje y la inclusión de estrategias didácticas. Dentro de la preparación de su clase, el docente debe considerar diferentes recursos pedagógicos, la resolución de problemas y programas de computación que tienen un alto contenido matemático ya que son de gran utilidad para el estudiante (Cárdenas y Carreño, 2017). Estos programas permiten aprender matemáticas con una mayor profundidad mediante el uso apropiado de la tecnología y mejorando su aprovechamiento (Eyyam y Yaratan, 2014). En estudios realizados sobre la enseñanza y el aprendizaje del cálculo diferencial se identificaron dificultades que presentan los estudiantes en la solución de problemas de optimización, principalmente en la traducción del lenguaje natural al lenguaje algebraico (Díaz, 2014).

1.1 Integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en las aulas

La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en las aulas ha causado un cambio radical en las prácticas educativas (Hanna, Jahnke y Pulte, 2010), formando parte de la función de los profesores quienes, antes de introducirlas, deben plantearse el modo de hacerlo eficazmente para que sea coherente con la propia visión del proceso de enseñanza y aprendizaje, esto dependerá de la selección y el diseño de tareas que se van a trabajar con estos recursos y, por supuesto, en función de los objetivos que se pretenden lograr con las tareas y unidades didácticas (Mañas, 2013). Artigue (2011) observó que los programas computacionales de geometría dinámica constantemente estaban evolucionando y que, de manera evidente, se subestimaba la complejidad del trabajo del profesor en entornos informáticos ya que debía mantener el desarrollo de nuevas competencias técnico-matemáticas y de manejo de clase requeridas. Por tal motivo, es indispensable formar a los docentes para que asuman el reto de utilizar las TIC como mediación para facilitar el aprendizaje de la geometría, permitiendo a los estudiantes razonar en forma abstracta, visualizar aplicaciones, discutir la solución de los problemas y su aplicabilidad, así como articular la geometría con otras disciplinas (Torres y Racedo, 2014).

Las TIC pueden jugar un papel muy importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, proporcionando en el aula la ayuda necesaria para desarrollar la deducción matemática, como un método para comprender cosas no evidentes (Hernández, Briones, Serdeira y Medina, 2016) ya que elimina la complejidad asociada a la experimentación científica y/o la carencia de contenidos significativos (Romero y Quesada, 2014). Los softwares matemáticos ofrecen grandes capacidades para la visualización y experimentación, manteniendo la promesa de mejorar (Hanna, Janhke y Pulte, 2010).

Díaz (2014) menciona que con el paso de los años la computadora se ha integrado a la visualización, constituyendo una herramienta fundamental para ello, la cual no puede compararse con los medios de enseñanza tradicionales. Sin embargo, los estudiantes se han sentido satisfechos y motivados cuando el docente utiliza los dispositivos móviles para el aprendizaje (Ozdamli, Karabey y Nizamoglu, 2012), existiendo una relación directa y significativa entre su utilización y la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas (Taleb, Ahmadi y Musavi, 2015).

1.2 Herramientas digitales para abordar problemas matemáticos

Las aplicaciones educativas motivan a los estudiantes y capturan su atención mientras se enfocan en resolver problemas, mejoran su memoria y adquieren habilidades de lectura y escritura (Taleb,

Ahmadi y Musavi, 2015). El *software* GeoGebra permite diseñar diferentes aplicaciones interactivas que se pueden usar como herramientas en la enseñanza de la matemática (Caligaris, Schivo y Romiti, 2015) y experimentar con modelos significativos, utilizando múltiples representaciones y herramientas de modelado (Bu, Spector y Haciomeroglu, 2011).

La aplicación del *software* GeoGebra permite a los estudiantes comprender los conceptos geométricos, propiciando el intercambio de experiencias que enriquezcan y mejoren la calidad de la enseñanza en la educación (Torres y Racedo, 2014), presentando un gran potencial para el tratamiento de la interpretación ya que permite discriminar la congruencia entre las características visuales y la semántica de la expresión algebraica (Gómez, Guirette y Morales, 2017). Geogebra es una herramienta que permite a los estudiantes tener un aprendizaje interactivo y autónomo (Arango, Gaviria y Valencia, 2015). El uso de GeoGebra en la enseñanza de las matemáticas en los diferentes niveles educativos es un factor importante para promover el aprendizaje permanente (Zengin, Furkan y Kutluca, 2012, Zerrin, 2010).

1.3 Importancia del cálculo diferencial

La matemática es de suma importancia en la formación profesional de los ingenieros ya que constituye el lenguaje para modelar fenómenos de la naturaleza, de ingeniería o de la ciencia en general. Para Brito, Alemán, Fraga, Para y Arias (2011), el conocimiento matemático permite que el profesional de la ingeniería modele, analice, interprete y se comunique en un lenguaje algebraico preciso. Ruiz, Jiménez y Montiel (2017) mencionan que la matemática es la herramienta más poderosa del ingeniero y su dominio le permitirá el progreso a lo largo de su formación profesional debido a que ayuda al desarrollo del razonamiento abstracto, el cual es fundamental en la formación del ingeniero.

Según García (2013), el cálculo constituye la base del desarrollo profesional del futuro ingeniero y el propósito general de un curso de cálculo diferencial en una carrera de ingeniería es que los estudiantes apliquen los conceptos y procedimientos del cálculo en la diferenciación de funciones, mediante el uso de límites y teoremas de derivación, para resolver problemas cotidianos, con el objetivo de proporcionar conocimientos en los estudiantes que les permitan interpretar, plantear y resolver problemas de ingeniería (Zuñiga, 2007).

Dentro de esta asignatura, la derivada es un tema medular que se considera importante para el análisis y resolución de problemas de diferente índole, sin embargo, en la literatura se encuentra que los estudiantes presentan serias dificultades para su aprendizaje como, por ejemplo, cuando utilizan las definiciones y

los teoremas con el propósito de interpretar cuando una función es creciente o decreciente, para determinar los puntos críticos de una función o usar el criterio de la primera y segunda derivada (Londoño, Kakes, y Decena, 2013). Para Areaya y Sidelil (2012) la falta de asociación entre el concepto de la derivada y los problemas de aplicación de optimización es una dificultad importante en los estudiantes de cálculo.

La optimización consiste en lograr máximo beneficio, mínimo costo, tiempo mínimo, tamaño óptimo, área mínima, distancia máxima, intensidad máxima o distancia mínima; para los ingenieros la optimización adquiere un rol esencial en el desarrollo de su profesión (Baccelli, Anchorena, Moler y Aznar, 2013) y para ello se requiere una importante apropiación del concepto de derivada. En este sentido, Cuevas y Pluinage (2013) mencionan que es de suma importancia introducir los conceptos matemáticos a partir de problemas de interés para los estudiantes, así como la inclusión de los distintos registros de representación.

Navarro, Robles, Ansaldo y Castro (2016) diseñaron e implementaron una actividad didáctica a partir de la resolución de problemas de optimización para la construcción del concepto de derivada en donde los investigadores observaron una contribución positiva en el interés de los estudiantes para lograr el dominio de los elementos matemáticos asociados a la optimización.

En las carreras de ingeniería los conocimientos matemáticos que adquieren los estudiantes sobre el Cálculo Diferencial son de suma trascendencia, toda vez que esta unidad de aprendizaje es precedente de cursos como: Cálculo Integral, Ecuaciones Diferenciales, Cálculo Multivariable, Transferencia de Calor y Masa, Estática, Dinámica, Electricidad y Magnetismo, Circuitos Eléctricos, entre otros.

En razón de lo anterior y con el propósito de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la matemática, particularmente en el campo del cálculo diferencial, se diseñó y se puso en escena una estrategia didáctica con estudiantes de ingeniería para que resuelvan problemas de optimización y mejoren su comprensión de los conceptos matemáticos asociados.

1.4 Objetivo

El objetivo de esta investigación es evaluar la producción de habilidades matemáticas de los estudiantes cuando se enfrentan a una estrategia didáctica que incluye el *software* GeoGebra y problemas típicos de optimización, la utilización por parte de los estudiantes del *software* GeoGebra y el proceso de resolución de los problemas de optimización son los medios para promover la apropiación de conceptos del cálculo diferencial (valor máximo o valor mínimo relativo, crecimiento y decrecimiento

de una función, concavidad y puntos de inflexión). La puesta en escena se lleva a cabo con estudiantes de primer semestre de una carrera de ingeniería. Por tanto, se pretende aportar una propuesta pedagógica que incluye el uso del *software* GeoGebra como mediador entre los estudiantes y conceptos matemáticos asociados a la resolución de problemas de optimización en un curso de cálculo diferencial.

2. Marco referencial

Desde la perspectiva de la teoría de representaciones semióti-cas de Raymond Duval (1993, 2000, 2006a, 2006b), los objetos matemáticos no son directamente accesibles a la percepción, consecuentemente para su estudio y tratamiento se requiere contar con representaciones de los mismos, estas representaciones externas a las que hacemos alusión pueden ser de carácter geométrico, algebraico y numérico del objeto. Un registro de representación cuenta con reglas precisas de funcionamiento y es el medio para realizar la actividad matemática; en este sentido, las representaciones permiten el acceso al objeto matemático. A través de los procesos de representación, tratamiento y conversión se permite exteriorizar las representaciones mentales de los individuos, motivando la retroalimentación y mejoramiento de las mismas.

En las matemáticas los procesos se presentan por dos tipos de transformaciones de representaciones; la actividad cognitiva de representación constituye una marca o conjunto de marcas perceptibles e identificables respecto de un objeto matemático y es indispensable para la comunicación; el tratamiento es la transformación de la representación dentro del mismo registro de representación; calcular la derivada de una función es un ejemplo de una transformación interna; la conversión es la transformación de la representación en otra representación de un registro diferente al original pero que conserva su esencia; elaborar la gráfica de la derivada de una función a partir de su expresión algebraica es un ejemplo de conversión, evidentemente estas posibilidades de transformación están sujetas a las reglas matemáticas (Duval, 2006a). Para nuestro referente teórico, la operación de conversión se logra si no se confunde el objeto matemático con alguna de sus representaciones y, en consecuencia, el conocimiento matemático es transferible a contextos diferentes de estudio, sin embargo, esta transformación es compleja y está relacionada con la congruencia, la cual depende de la dirección de los registros involucrados; no presenta la misma dificultad elaborar la gráfica a partir de una expresión algebraica que determinar la expresión algebraica a partir de la representación gráfica, en una dirección la actividad puede ser congruente y no congruente en otra.

Para entender las dificultades que los estudiantes tienen con el aprendizaje de las matemáticas se propone utilizar dos tipos de transformaciones en las representaciones semióticas, el tratamiento y la conversión. Estas transformaciones afectan cualquier actividad matemática y explican el tipo de sistema semiótico que se necesita para una situación específica pues permiten analizar la causa de los problemas en el entendimiento de las matemáticas (Duval, 2006a).

3. Metodología

La metodología utilizada es de corte cuantitativo puesto que se obtiene información a través de la aplicación de un instrumento de medición postest y se complementa con la observación del investigador durante la puesta en escena de una secuencia didáctica para el estudio de conceptos matemáticos asociados a problemas de optimización.

3.1 Sujetos

Se aplicó la secuencia didáctica a 94 estudiantes distribuidos de manera uniforme en 4 grupos, quienes cursaron la asignatura de cálculo diferencial durante el semestre agosto-diciembre 2018 en una Facultad de Ingeniería.

3.2 Secuencia didáctica

La secuencia didáctica es diseñada a partir de las teorías cognitivas de Duval, (1993, 2000, 2006a, 2006b) toda vez que en las actividades diseñadas los estudiantes tienen que cambiar de un registro de representación (algebraico, numérico y geométrico en 2 y 3 dimensiones) a otro; la visualización, desde la perspectiva de Duval, es una actividad cognoscitiva y juega un papel primordial en el diseño de la estrategia didáctica ya que ésta se basa en los procesos de discriminación, producción y coordinación de las representaciones semióticas; la visión permite el acceso al objeto matemático pero la exploración de la percepción visual de los distintos registros de representación promueven la comprensión de los conceptos matemáticos. En este marco referencial para el diseño de la estrategia se adicionan los avances logrados con la incorporación de la tecnología, particularmente con el *software* GeoGebra (Zerrin y Sebnem, 2010; Bu, Spector y Haciomeroglu, 2011; Torres y Racedo, 2014; Arango, Gaviria y Valencia, 2015; Calligaris, Schivo y Romiti, 2015; Nazihatulhasanah y Nurbih, 2015; Gómez, Guirette y Morales, 2017).

La secuencia didáctica utilizada se considera instruccional; de acuerdo a Feo (2010), toda vez que se pretende que el estudiante logre objetivos particulares, la interrelación presencial entre el docente y el estudiante es indispensable, se basa en materiales impre-

tos e incluye recurso tecnológico como mediador entre el sujeto y el objeto de conocimiento. La secuencia didáctica está integrada por tres hojas de trabajo que hacen referencia a tres problemas de optimización: el caso de la caja sin tapa, el caso del cilindro y el caso de los corrales adyacentes, cada uno de los cuales cuenta con una aplicación creada en GeoGebra con extensión .ggb para que el estudiante interactúe con ella.

La inclusión de problemas de optimización en la estrategia instruccional cumple con dos propósitos, el primero se refiere a motivar el planteamiento y resolución de problemas de optimización y el segundo a abordar conceptos matemáticos asociados (puntos críticos, crecimiento y decrecimiento de una función, concavidades y puntos críticos).

A manera de ejemplo, se describe la actividad didáctica correspondiente al problema de optimización de la caja sin tapa, cuyos objetivos son: obtener una función para el volumen de la caja en términos de la medida del corte; identificar y localizar los valores máximos y/o mínimos relativos en un intervalo de una función; calcular el valor crítico de una función; determinar los intervalos de crecimiento y decrecimiento de una función mediante el criterio de la primera derivada; y plantear y resolver enunciados problema de ingeniería que requieran acciones de optimización para su solución.

A continuación, se ilustran las instrucciones de la hoja de trabajo (tabla 1) del problema de optimización de la caja sin tapa, así como los objetivos específicos y los registros de representación involucrados, con la siguiente simbología: lenguaje natural (LN), algebraico (A), numérico (N) y gráfico (G). Una vista de la aplicación en GeoGebra para este problema se ilustra en la figura 1.

•**Tabla 1.** Hoja de trabajo del problema de optimización de la caja sin tapa

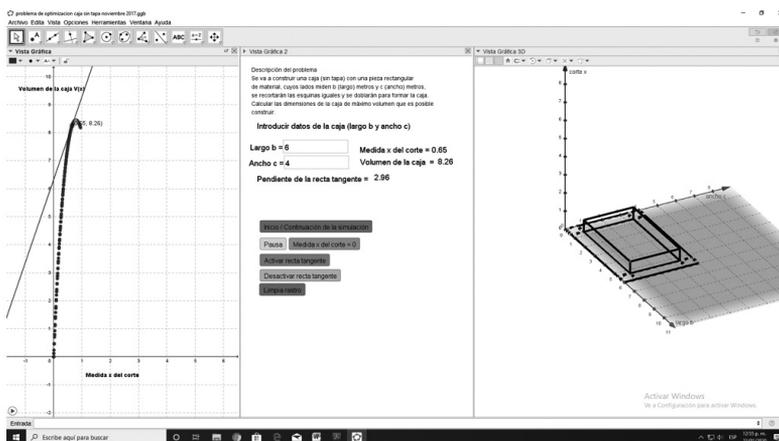
Instrucción o cuestionamiento en la hoja de trabajo	Objetivos específicos	Registro inicial y final involucrado
Se va a construir una caja con una pieza rectangular de material, cuyos lados miden 4 (ancho) y 6 (largo) metros, se recortarán las esquinas iguales y se doblarán para formar la caja. Hallar las dimensiones de la caja de máximo volumen que es posible construir.	Leer y comprender el problema.	LN
1. En la Vista Gráfica 2 cuentas con seis botones de control y dos renglones de edición, escribe las medidas de la pieza rectangular, inicia presionando el botón de la medida del corte $x=0$ y luego el botón de inicio. Observa en la Vista Gráfica (sistema de coordenadas bidimensional) cómo se va construyendo la gráfica (medida del corte contra volumen) y, simultáneamente, en la Vista Gráfica 3D (sistema de coordenadas tridimensional) la producción de la caja.	Utilizar la aplicación GeoGebra. Editar medidas de la pieza rectangular. Asociar Vista Gráfica con la Vista Gráfica 3D, la producción simultánea de la gráfica medida del corte contra volumen y producción de la caja.	G - G

Instrucción o cuestionamiento en la hoja de trabajo	Objetivos específicos	Registro inicial y final involucrado
2. Observa como en la Vista Gráfica 2 cambian los valores de la medida del corte (eje horizontal) y el volumen de la caja (eje vertical).	Asociar los valores de la medida del corte y volumen de la caja de la Vista Gráfica 2 con la gráfica medida del corte contra volumen en la Vista Gráfica y la caja que se obtiene en la Vista Gráfica 3D.	G - N
3. Una vez construida la gráfica, activa la recta tangente, en caso de que aún no lo esté. Para detener la simulación, puedes usar el botón de pausa. Para manipular la recta tangente, usa el puntero y recorre la gráfica. Si la medida del corte es $x = 0$, ¿cuál es el volumen de la caja? Si la medida del corte es $x = 2$, ¿cuál es el volumen de la caja? Explica tu respuesta. Explica qué pasa con los valores de la pendiente de la recta tangente conforme la medida x del corte varía.	Asociar la medida del corte, el volumen con el gráfico en dos dimensiones de la Vista Gráfica y la construcción de la caja en el sistema tridimensional. Establecer valores puntuales respecto del volumen de la caja a partir de la medida del corte. Vincular la pendiente de la recta tangente con los valores calculados en la Vista Gráfica 2.	N - G G - N
4. De acuerdo con el contexto del problema y la Vista Gráfica 3D, determina la función de volumen de la caja contra la medida del corte x . En la Vista Gráfica utiliza un punto sobre la gráfica medida de corte contra volumen para validar tu modelo, por ejemplo, el punto (1.23, 6.7).	Utilizar el gráfico en tres dimensiones para generar la función del volumen de la caja. Modelar la función que representa el volumen de la caja a partir de la medida del corte. Validar la función obtenida a partir del punto proporcionado.	G - A A - N
5. ¿En qué intervalo la pendiente de la recta tangente es positiva? ¿En qué intervalo la función es creciente? Cuándo la función crece y luego decrece, ¿se obtiene un máximo o un mínimo? Cuándo la función decrece y luego crece, ¿se obtiene un máximo o un mínimo?	Asociar la condición creciente o decreciente de la función con el signo de la pendiente de la recta tangente. Asociar el crecimiento y decrecimiento de la función con un máximo relativo. Asociar el decrecimiento y crecimiento de la función con un mínimo relativo.	G - N G - A G - LN
6. ¿Qué sucede con los valores de la pendiente de la recta tangente conforme te aproximas al máximo? ¿Cuál es el valor de la derivada (pendiente de la recta tangente) en el máximo de la función? ¿Para qué valor de x se tiene el volumen máximo?	Asociar la disminución del valor de la pendiente de la recta tangente conforme se aproxima al máximo relativo. Asociar el máximo relativo con el valor de cero de la pendiente de la recta tangente. Asociar el volumen máximo con el máximo relativo y el valor de cero de la pendiente de la recta tangente.	G - N N - G
7. Determina $V'(x)$, iguala a cero dicha función y calcula el valor o los valores de x con los que se obtienen los puntos críticos (criterio de la primera derivada).	Utilizar el criterio de la primera derivada para determinar el máximo relativo. Calcular la derivada de la función de volumen y el máximo relativo.	A - N N - G

Instrucción o cuestionamiento en la hoja de trabajo	Objetivos específicos	Registro inicial y final involucrado
8. Utiliza el criterio de la segunda derivada para determinar si los puntos críticos que obtuviste son mínimo relativo o máximo relativo.	Asociar el signo de la segunda derivada con el máximo relativo.	A - N

Fuente: Elaboración propia

• **Figura 1.** Aplicación .ggb para el problema de optimización de la caja sin tapa



Fuente: Elaboración propia con *software* GeoGebra

3.3 Instrumento de medición

Con el propósito de medir las habilidades matemáticas que produce la puesta en escena de la secuencia didáctica descrita en los párrafos anteriores, se diseñó un instrumento de medición basado en el modelo de Nitko (1994) para desarrollar exámenes orientados por el currículo. Dicho modelo se complementa por la metodología para la construcción de test criterios de Popham (1990) y con aportaciones metodológicas y operativas de Contreras (1998, 2000). El instrumento está compuesto por 18 reactivos y es de opción múltiple ya que se pide al estudiante elegir de entre 4 respuestas la que es correcta; cada reactivo es independiente, toda vez que contiene la información necesaria para plantearlo y responderlo; el instrumento es criterial, ya que tiene el propósito de evaluar el aprendizaje informando que puede hacer o no el examinado. La tabla 2 exhibe la composición del instrumento de medición y presenta la descripción de 6 dimensiones del postest asociadas al concepto matemático evaluado y los reactivos de cada dimensión.

• **Tabla 2.** Composición de cada uno de los reactivos del instrumento postest

Dimensión	Reactivos	Concepto
1	1, 2, 15	Pendiente de la recta tangente
2	3, 4, 13	Máximo/Mínimo relativo
3	5, 6, 7, 16	Función creciente/Decreciente
4	8, 9, 17	Punto de inflexión
5	10, 11, 18	Concavidad
6	12, 14	Máximo/Mínimo absoluto

Fuente: Elaboración propia

3.4 Procedimiento

El proceso metodológico incluye las siguientes etapas:

- ▶ **Etapas 1.** Diseño de la actividad didáctica. La secuencia didáctica se integró con tres hojas de trabajo y tres archivos creados en GeoGebra con extensión .ggb, una hoja de trabajo y un archivo para cada problema de optimización.
- ▶ **Etapas 2.** Pilotaje de prueba. Al principio del semestre agosto-diciembre 2018 la secuencia didáctica se aplicó a estudiantes de un grupo de cálculo diferencial para identificar errores de edición o diseño. Posteriormente, se realizaron cambios para mejorar las hojas de trabajo y los archivos en GeoGebra para una mejor visualización.
- ▶ **Etapas 3.** Puesta en escena. La puesta en práctica de la secuencia didáctica se hizo con 94 estudiantes, distribuidos de manera uniforme en cuatro grupos. Se llevó a cabo en las aulas de cómputo del laboratorio de ciencias básicas de la Facultad de Ingeniería; cada participante contó con las tres hojas de trabajo, una computadora y tres archivos creados en GeoGebra con extensión .ggb. La actividad se desarrolló en seis sesiones de 50 minutos cada una.
- ▶ **Etapas 4.** Diseño de un instrumento de medición. Se diseñó un instrumento de medición postest compuesto por 18 reactivos, mismo que se aplicó a los estudiantes en una sesión adicional de 50 minutos.
- ▶ **Etapas 5.** Organización de la información. Con base en las evidencias recolectadas a través de las hojas de trabajo y la administración del postest se elaboró una base de datos para ser tratada en hoja electrónica de Microsoft® Office Excel.

4. Resultados y discusión

Este apartado se compuso de tres secciones, la primera se refiere a la calidad del instrumento de medición postest, la segunda corresponde al análisis de los resultados desde una perspectiva cuanti-

tativa y la tercera es un análisis cuantitativo de las habilidades matemáticas que logran los estudiantes a partir de la interacción con la secuencia didáctica y desde la perspectiva de la teoría de las representaciones.

4.1 Calidad del instrumento de medición postest

En virtud de la importancia del instrumento de medición, se considera necesaria la determinación de la confiabilidad (que permite medir la consistencia o estabilidad de las medidas cuando el proceso de medición se repite), validez de contenido y los índices de dificultad, discriminación y correlación biserial (Carmines y Zeller, 1987; García y Vilanova, 2008; Prieto y Delgado, 2010).

4.1.1 Validez de contenido

El postest evalúa el conocimiento de los estudiantes después de aplicada la estrategia didáctica, la cual consiste en un examen o postest de 18 reactivos de opción múltiple que incluye los temas de la cuarta unidad del curso de cálculo diferencial. Los temas a evaluar son: la recta tangente; máximos y mínimos; relativos y absolutos; intervalos de crecimiento y decrecimiento; intervalos de concavidad, y puntos de inflexión de una función. El instrumento de medición se ha diseñado para medir actividades cognitivas de acuerdo con los distintos tipos de registro de representación e indicadores de logro propios de conceptos matemáticos asociados a la resolución de problemas de optimización. La validez de contenido se llevó a cabo mediante el juicio de expertos (Alsina y Coronata, 2014), se garantizó con la participación de cuatro jueces expertos (profesores de Cálculo Diferencial con experiencia docente mínima de cinco años) y con un método de consenso grupal (Corral, 2009) en los temas objeto de la validación, quienes analizaron la coherencia de los reactivos con los que se desea evaluar, la complejidad de los reactivos y la habilidad cognitiva a evaluar (Barraza, 2007).

4.1.2 Confiabilidad

Se realizó un análisis de confiabilidad mediante el método de mitades partidas, corregido por la fórmula de Spearman-Brown; si el instrumento es confiable, las puntuaciones de ambas mitades deben estar fuertemente correlacionadas. El número de estudiantes que participaron en el examen fue de 94. La confiabilidad del instrumento de medición calculada mediante el método de mitades partidas es $r = 0.90$, la cual se considera como aceptable (Contreras, Bachhoff y Larrazolo, 2004; Muñoz y Mato, 2008; Ding, Chabay, Sherwood y Beichner, 2006). De manera adicional, se calculó el coeficiente delta de Ferguson que mide el poder de discriminación de una prueba completa, el rango de dicho coeficiente es $[0,1]$

El coeficiente delta de Ferguson en el instrumento es 0.95, lo que satisface ampliamente el criterio establecido (Ding, *et al.*, 2006; Engelhardt, 2009).

4.1.3 Índice de dificultad, discriminación y punto biserial. Índice de dificultad de los reactivos

El índice de dificultad (ID) está relacionado con la proporción de estudiantes que resuelven correctamente un reactivo y se calcula, de acuerdo con Crocker y Algina (1986), por medio de la proporción de examinados que contestaron correctamente el reactivo. Ding y colaboradores (2006) sugieren que el ID de los reactivos y el promedio de la dificultad se encuentren entre 0.30 y 0.90. Se observó el cumplimiento de este criterio con los 18 reactivos. El promedio del índice de dificultad es de 0.73 ± 0.16 (media \pm desviación estándar), el cual cumple también con el criterio sugerido.

Índice de discriminación de los reactivos

El índice de discriminación del reactivo (IDC) permite diferenciar (discriminar) entre aquellos estudiantes que obtuvieron buenas calificaciones en la prueba y aquellos que obtuvieron bajo puntaje, está relacionado entonces con la posibilidad alta de responder correctamente el reactivo por aquellos estudiantes con un desempeño en general sobresaliente en la prueba, situación opuesta para el caso de los estudiantes con un desempeño deficiente. Para Contreras y colaboradores (2004) el valor discriminativo del reactivo se considera apropiado si es mayor que 0.2. Se observó el valor del IDC para cada reactivo en donde se observa el cumplimiento del criterio de los 18 reactivos. Para el postest el promedio del IDC es 0.46 ± 0.16 (media \pm desviación estándar), el cual cumple también con el criterio declarado por Ding y colaboradores (2006) en el que el IDC promedio es mayor a 0.3.

Coefficiente de correlación del punto biserial

Se calculó el coeficiente de correlación del punto biserial (rpbis); para algunos investigadores (Henryssen, 1971; Molina, Wizner, Lacave y Gallardo, 2015) este coeficiente es un indicador de validez predictiva en donde se relaciona la respuesta a un reactivo por un estudiante y el resultado que obtuvo de la prueba, este indicador psicométrico se calcula de acuerdo con el modelo de Backhoff, Larrazolo y Rosas (2000). El promedio de los coeficientes de correlación biserial de la prueba es 0.45 ± 0.12 (media \pm desviación estándar) y los valores de rpbis de cada reactivo es mayor a 0.2, por lo que cumplen con la recomendación de los especialistas (Ding *et al.*, 2006; Engelhardt, 2009).

4.2 Análisis cuantitativo

La estrategia se llevó a cabo durante dos semanas en las salas de cómputo de la institución, donde cada estudiante contó con las tres secuencias didácticas (el problema de la caja sin tapa, el problema de los corrales adyacentes y el problema del cilindro) y una computadora con los archivos diseñados en GeoGebra. El postest mide los conocimientos adquiridos por los estudiantes a partir del uso de las secuencias didácticas; el postest en esta ocasión fungió como el examen de la cuarta unidad, cuyos resultados se exhiben a continuación.

El promedio de las respuestas correctas en el postest es 13.10 de 18 puntos posibles, el promedio expresado en porcentaje respecto del total de puntos es 73 %, el cual corresponde al ID promedio de 0.73. La distribución del número de reactivos correctos fue significativamente no normal (Kolmogorov-Smirnov, $D(94) = 0.175$, $p < 0.01$). La asimetría de la distribución del número de reactivos correctos es -0.627 (Desviación = 0.249), dichos valores indican una asimetría negativa y moderadamente sesgada, el vértice de la curva normal queda a la derecha de la media, lo cual favorece los resultados de los estudiantes en términos del número de reactivos correctos y de la calificación obtenida, la curtosis de la distribución es -0.572 (Desviación = 0.493), lo cual indica una curva menos apuntada o más achatada de lo normal, es decir, se tiene una menor concentración de datos en torno a la media y mayor concentración alrededor de la mediana y la moda. Por el tipo de distribución se adicionan las medidas de tendencia central y de dispersión, la media es 13.10, la moda es 15, la mediana es 14, el cuartil 1 es 10 y el cuartil 3 es 16, el rango es 13. La desviación estándar es 3.34. La asimetría negativa evidencia un desempeño favorable en el postest; de los 94 estudiantes, 64 (68 %) obtuvieron una calificación aprobatoria (mayor o igual que 60).

4.3 Análisis cuantitativo de las habilidades matemáticas

En esta sección se realizó un análisis sobre las habilidades matemáticas que logran los estudiantes a partir de su interacción con la secuencia didáctica y los resultados obtenidos en los 18 reactivos del postest.

Una prueba ANOVA con *post-hoc* de Tukey entre los conceptos matemáticos evaluados y el ID no mostró ($p = 0.69$) diferencias significativas (tabla 3), sin embargo, se nota que la mayor dificultad (tabla 3) para los estudiantes corresponde a la determinación de máximos y mínimos relativos (promedio en el ID = 0.64), particularmente, cuando se trata de asociar el valor de cero de la derivada con un mínimo relativo, no así cuando obtienen el máximo o mínimo a partir del registro algebraico, sólo el 24 % de

los estudiantes respondió correctamente todos los reactivos correspondientes a máximos y mínimos relativos. Le sigue la dimensión 1, referida a la pendiente de la recta tangente (promedio en el ID = 0.65) cuando se solicita al estudiante determinar el valor de la abscisa tal que la función tiene una recta tangente horizontal y el cálculo de la pendiente de la recta tangente a partir de una representación gráfica, sólo el 37 % de los estudiantes respondió correctamente todos los reactivos que representan este concepto.

• **Tabla 3.** Índices promedio de dificultad para los conceptos matemáticos evaluados

Tukey				
Dimensión	Número de reactivos	Subconjunto para $\alpha = .05$	Reactivos pertenecientes a cada dimensión	Concepto matemático
		ID promedio		
2	3	.6367	3, 4, 13	Máximo / Mínimo relativo
1	3	.6500	1, 2, 15	Pendiente de la recta tangente
5	3	.6900	10, 11, 18	Concavidad
4	3	.7633	8, 9, 17	Punto de inflexión
3	4	.8050	5, 6, 7, 16	Función creciente / Decreciente
6	2	.8150	12, 14	Máximo / Mínimo absoluto

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2.880.

b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. Los niveles de error de tipo I no están garantizados.

Fuente: Elaboración propia con *software* SPSS

De acuerdo con los resultados, el trabajo de los estudiantes con la secuencia didáctica aportó favorablemente la apropiación de los conceptos de función creciente y decreciente (promedio en el ID = 0.8050), así como en el caso de máximos y mínimos absolutos (promedio en el ID = 0.8150). Los registros mayormente involucrados en estos reactivos son gráficos y algebraicos, y hay un balance en cuanto a las actividades cognitivas requeridas para su resolución. El 48 % y 66 % de los estudiantes respondió correctamente todos los reactivos que representan estos conceptos.

La tabla 4 muestra los porcentajes de las respuestas que seleccionaron los estudiantes para cada reactivo del postest, en negrita se tienen las respuestas correctas, así como el registro inicial y final involucrado, además se adiciona la actividad cognitiva de representación (R), tratamiento (T) o conversión (C) requerida para la resolución del reactivo. Para analizar el instrumento de medición se contemplan dos criterios, en el primero de ellos se han discriminado los reactivos en donde los porcentajes de las opciones de respuestas incorrectas son menores al 10 % y, en

consecuencia, el porcentaje de respuestas correctas es superior al 70 %, como aquellos reactivos en donde las secuencias didácticas han favorecido notoriamente a los estudiantes en la apropiación de los conceptos matemáticos. En el segundo criterio los porcentajes de al menos una de las opciones de respuestas incorrectas son mayores al 10 %, esto evidencia temas específicos en los que todavía hay dudas por parte de los estudiantes.

•**Tabla 4.** Las 6 dimensiones evaluadas en el postest, la descripción de cada reactivo, los porcentajes seleccionados de las opciones en cada reactivo (la respuesta correcta se muestra en negrita), el registro inicial y final involucrado y, finalmente, la actividad cognitiva

Dim	Reactivo	Descripción	A	B	C	D	Registro inicial y final involucrado	Actividad cognitiva
1	1	Determinar la pendiente de la recta tangente a partir de una representación gráfica.	9 %	21 %	64 %	6 %	G - N	C
	2	Determinar el intervalo de la función en donde el signo de la pendiente de la recta tangente es negativo a partir de una representación gráfica.	13 %	80 %	4 %	3 %	G - A	C
	15	Determinar el valor de la abscisa tal que la función tiene una recta tangente horizontal.	10 %	10 %	30 %	51 %	A - N	C
2	3	Determinar la coordenada de un máximo relativo a partir de la representación algebraica.	6 %	80 %	9 %	4 %	A - N	C
	4	Determinar la coordenada de un mínimo relativo a partir de la representación algebraica.	81 %	7 %	5 %	6 %	A - N	C
	13	Asociar el valor de cero de la derivada con mínimo relativo.	54 %	30 %	11 %	5 %	LN - LN	T
3	5	Determinar el intervalo en donde la función es creciente a partir de la representación algebraica.	87 %	3 %	4 %	5 %	A - A	T
	6	Determinar el intervalo en donde la función es decreciente a partir de la representación algebraica.	4 %	83 %	3 %	9 %	A - A	T
	7	Determinar los intervalos de la función en donde es decreciente a partir de la representación gráfica.	2 %	90 %	5 %	1 %	G - A	C

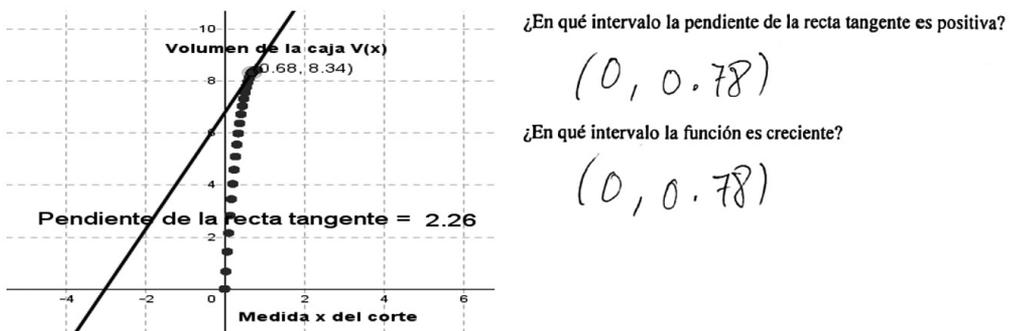
Dim	Reactivo	Descripción	A	B	C	D	Registro inicial y final involucrado	Actividad cognitiva
4	16	Asociar el signo de la derivada con la condición decreciente de la función.	13 %	62 %	18 %	7 %	LN - A	C
	8	Determinar el punto de inflexión de la función a partir de su representación gráfica.	2 %	11 %	85 %	1 %	G - N	C
	9	Determinar el punto de inflexión de la función a partir de su representación algebraica.	78 %	4 %	1 %	16 %	A - N	C
	17	Asociar el valor de la segunda derivada con el punto de inflexión.	14 %	4 %	66 %	16 %	LN - LN	T
5	10	Determinar el intervalo donde la función es cóncava hacia arriba a partir de su representación algebraica.	16 %	5 %	1 %	77 %	A - A	T
	11	Determinar el intervalo donde la función es cóncava hacia arriba a partir de su representación gráfica.	16 %	0 %	2 %	82 %	G - A	C
	18	Asociar el signo positivo de la segunda derivada con la concavidad hacia arriba de la función.	29 %	7 %	15 %	48 %	A - LN	C
6	12	Identificar máximos y mínimos (relativos y absolutos) de la función a partir de su representación gráfica.	21 %	1 %	78 %	0 %	G - G	R
	14	Calcular el máximo absoluto de una función a partir de su representación algebraica.	85 %	6 %	2 %	6 %	A - N	C

Fuente: Elaboración propia

En el primer criterio tenemos (reactivos 3, 4, 5, 6, 7 y 14) que la secuencia didáctica favorece directamente al estudiante en la determinación de las coordenadas de máximos y mínimos relativos a partir de su representación gráfica, la determinación de los intervalos en donde la función es creciente o decreciente (figura 2) a partir de sus representaciones gráficas y algebraicas, así como también el cálculo de máximos y mínimos absolutos a partir también de su representación algebraica. Este conjunto de reactivos se caracteriza por la actividad cognitiva de conversión mayormente con registro inicial algebraico y registro final

numérico, sin embargo, también se cuenta que el 90 % de los estudiantes determinó correctamente los intervalos en donde la gráfica de una función de cuarto grado es decreciente. En dos de los reactivos (5 y 6) cuya actividad cognitiva versa sobre la transformación interna en el ambiente algebraico pero que implican la determinación de los intervalos en donde la función es creciente o decreciente a partir de la función se alcanzaron índices de dificultad de 0.87 y 0.83, respectivamente.

- **Figura 2.** Respuesta de un estudiante en la secuencia didáctica a partir del uso de la aplicación en GeoGebra



Fuente: Elaboración propia con *software* GeoGebra y respuestas de estudiantes

En el segundo criterio de análisis se tienen los reactivos 1, 2, 15, 13, 16, 8, 9, 17, 10, 11, 18 y 12, mismos que a continuación se analizan uno por uno. En el reactivo 1 se presenta una gráfica de grado 3 y se solicita calcular la pendiente de la recta tangente para un valor de x dado, el 64 % determinó correctamente su valor, mientras que el 21 % confundió el valor de la pendiente de la recta tangente con la ordenada en el origen, el 9 % con la abscisa de un mínimo relativo y el resto consideró que la pendiente de la recta tangente era indeterminada.

En el reactivo 2 se presenta una gráfica de grado 4 y se solicita determinar un intervalo en donde el signo de la pendiente de la recta tangente únicamente es negativo, en las secuencias didácticas se pretende que a través de la manipulación de la recta tangente sobre la representación gráfica el estudiante asocie la condición creciente o decreciente de la función con el signo de la pendiente de la recta tangente, el 80 % respondió de manera correcta, aunque el porcentaje de respuestas es significativo, el 13 % de los estudiantes eligió un intervalo que incluía una sección en donde el signo de la pendiente de la recta tangente es positivo, el resto eligió intervalos en donde el signo de la pendiente de la recta tangente únicamente es positivo.

En el reactivo 15 se presenta una expresión cúbica, de la cual se solicita al estudiante determinar la abscisa en la que al trazar una recta tangente su pendiente sea cero, sólo el 51 % logró la respuesta correcta, con el resto de los estudiantes se asume que no logran asociar correctamente el valor de la pendiente de la recta tangente en un ambiente gráfico con el valor de la derivada en un ambiente algebraico; en este mismo sentido, especialistas (Sánchez, García y Llinares, 2008) determinaron que los estudiantes presentan confusiones comunes con el signo de la pendiente de la recta tangente, la intersección de la recta tangente con el eje horizontal y la ordenada en el origen de la recta tangente.

En el reactivo 13 se solicita al estudiante que asocie el valor de la primera derivada con un mínimo relativo, sólo el 30 % respondió correctamente, el 54 % se presume que confundió el signo positivo de la segunda derivada con la concavidad hacia arriba y, en consecuencia, con un mínimo relativo, el 11 % presenta similar confusión en el sentido de que si la segunda derivada es negativa se trata entonces de un mínimo relativo, el resto consideró que la derivada es indeterminada. En una investigación realizada por Maharaj y Ntuli (2018) sobre la comprensión de la derivada y sus aplicaciones se determinó que sólo el 46 % de los estudiantes calculó correctamente el máximo relativo a partir de su expresión algebraica, estos estudiantes vincularon correctamente el cero de la derivada con el máximo relativo.

En el reactivo 16 se presentan enunciados en donde se solicita al estudiante elegir aquel que sea correcto (figura 3), el estudiante debe asociar el signo negativo de la primera derivada con la función decreciente, el 62 % respondió de forma correcta, 18 % asoció de manera incorrecta el signo positivo de la primera derivada con la concavidad hacia arriba de la función, 13 % asoció de forma incorrecta el signo positivo de la primera derivada con la función decreciente, el resto vinculó de manera incorrecta el signo negativo de la primera derivada con la concavidad hacia abajo de la función en un intervalo dado.

• **Figura 3.** Reactivo 16 del postest

16. Sea f una función derivable en el intervalo (a,b) . ¿Cuál de los siguientes enunciados es correcto?

- A) Si $f'(x) > 0$ para todo x en (a,b) , entonces f es decreciente en (a,b) .
- B) Si $f'(x) < 0$ para todo x en (a,b) , entonces f es decreciente en (a,b) .
- C) Si $f'(x) > 0$ para todo x en (a,b) , entonces f es cóncava hacia arriba en (a,b) .
- D) Si $f'(x) < 0$ para todo x en (a,b) , entonces f es cóncava hacia abajo en (a,b) .

Fuente: Elaboración propia

En el reactivo 8, el 85 % de los estudiantes determinó correctamente la abscisa del punto de inflexión en una representación gráfica, sin embargo, el 11 % confundió la abscisa de la inflexión con la ordenada en el origen de la gráfica, el resto confundió la abscisa de los puntos (máximo, mínimo) relativos con el punto de inflexión.

En el reactivo 9 se solicita determinar la coordenada del punto de inflexión a partir de una representación algebraica, se trata de una función de tercer grado, el 78 % respondió de forma correcta, el 16 % respondió que no tiene punto de inflexión, lo anterior puede deberse a que en el procedimiento se obtiene la expresión $2x = 0$, el alumno asume erróneamente una indeterminación, el 4 % confundió el orden de la coordenada.

En el reactivo 17 se le solicita al estudiante que asocie correctamente el valor de cero de la segunda derivada con la obtención del punto de inflexión, el 66 % contestó de forma correcta, el 16 % contestó que la segunda derivada es indeterminada, el 14 % respondió incorrectamente que la segunda derivada es positiva y el resto que es negativa.

En el reactivo 10 (figura 4) a partir de una expresión algebraica se le solicita al estudiante determinar el intervalo donde dicha función es cóncava hacia arriba, el 77 % encontró el punto de inflexión y asoció correctamente el signo positivo de la segunda derivada con la concavidad hacia arriba de la función, el 16 % encontró el punto de inflexión pero asoció de manera incorrecta el signo negativo de la segunda derivada con la concavidad hacia arriba de la función, el resto de los estudiantes no logró determinar el punto de inflexión.

• **Figura 4. Reactivo 10 del postest**

10. ¿Cuál es el intervalo en donde la gráfica de la función $f(x) = \frac{1}{3}x^3 - 4x + 1$ es cóncava hacia arriba?

A) $(-\infty, 0)$	B) $(-2, 2)$	C) $(-\infty, \infty)$	D) $(0, \infty)$
-------------------	--------------	------------------------	------------------

Fuente: Elaboración propia

En el reactivo 11 se presentó una gráfica y se solicitó al estudiante determinar el intervalo en donde la función tiene concavidad hacia arriba, el 82 % visualizó el punto de inflexión y determinó correctamente el intervalo, el 16 % confundió la concavidad hacia abajo como concavidad hacia arriba, el resto de los estudiantes no lograron identificar el punto de inflexión.

En el reactivo 18 se trata de asociar el signo positivo de la segunda derivada con la concavidad hacia arriba de la función, el 48 % logró hacer esta asociación de forma correcta y lo plasmó adecuadamente en la secuencia didáctica (figura 5), el 29 % con-

fundió el signo positivo de la segunda derivada con la función creciente, 15 % confundió el signo positivo de la segunda derivada con la concavidad hacia abajo y el resto de los estudiantes confundió el signo positivo de la segunda derivada con la función decreciente.

• **Figura 5.** Respuesta en la secuencia didáctica de un estudiante a partir del uso de la aplicación en GeoGebra

7. Utiliza el criterio de la segunda derivada para determinar si los puntos críticos que obtuviste son mínimo relativo o máximo relativo.

$$V''(x) = 24x - 90$$

$$V''(x=2.54) = 24(2.54) - 90 = 20.96, \text{ es un mínimo } \downarrow$$

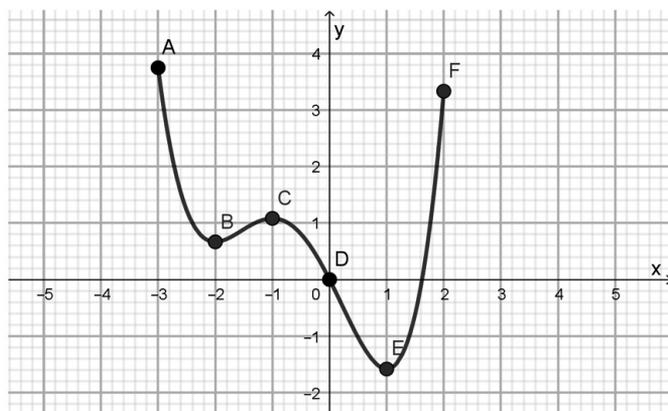
$$V''(x=0.785) = 24(0.785) - 90 = -21.16, \text{ es un máximo } \uparrow$$

Fuente: Elaboración propia a partir de respuestas de los estudiantes

En el reactivo 12 se solicita identificar en un gráfico dado (figura 6) un máximo relativo y un mínimo absoluto, el 78 % de los estudiantes contestó correctamente, sin embargo, el 21 % confundió el máximo absoluto con un máximo relativo aunque acertó con el mínimo absoluto, el resto localizó correctamente el máximo relativo y confundió un punto de inflexión con el mínimo absoluto.

• **Figura 6.** Reactivo 12 del postest

12. Para la siguiente gráfica de la función $f(x)$. ¿Cuáles son los puntos que representan un máximo relativo y un mínimo absoluto?



A) A,E

B) C,D

C) C,E

D) B,F

Fuente: Elaboración propia con *software* GeoGebra

De acuerdo con los criterios establecidos, este conjunto de reactivos evidencian dificultades para los estudiantes; aun a pesar de la interacción con la estrategia didáctica, la actividad cognitiva de conversión es preponderante y también lo es la prevalencia del lenguaje natural, tanto en el registro inicial y final el gráfico lo es como registro inicial. Desde la perspectiva de los investigadores estas dificultades pueden deberse a la no congruencia en la actividad cognitiva de conversión de un registro inicial o final en lenguaje natural por la sintáctica del enunciado o por el contenido matemático mismo.

Una prueba *post-hoc* de Tukey entre los registros iniciales y el ID mostró diferencias significativas ($p = 0.039$) entre el registro inicial en lenguaje natural y los registros iniciales algebraico y gráfico (tabla 5), los 3 reactivos con registro inicial en lenguaje natural son de tipo conceptual, no implican un procedimiento y eso motiva la dificultad presentada para el estudiante, confirma el hecho que la enseñanza del cálculo se ha formalizado a través de una práctica mayormente algebraica (Artigue, 1998).

•Tabla 5. Resultados de la prueba *post-hoc* de Tukey entre los registros iniciales y el ID

Registro inicial	Número de reactivos	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
Lenguaje natural	3	.5267	
Algebraico	9		.7444
Gráfico	6		.7983

Fuente: Elaboración propia con *software* SPSS

Una prueba *post-hoc* de Tukey entre los registros finales y el ID mostró diferencias significativas entre el registro final en lenguaje natural (ID = 0.48) y los registros finales algebraico (ID = 0.78) y numérico (ID = 0.76), los 3 reactivos con registro final en lenguaje natural son de tipo conceptual y nuevamente se comprueba la dificultad que tienen los estudiantes cuando enfrentan situaciones de corte no procedimental.

Habre y Abboud (2006) encontraron que los estudiantes de cálculo diferencial privilegian el enfoque procedimental simbólico. Otros investigadores (Ubuz, 2007; Díaz, Haye, Montenegro y Córdoba, 2013; Andrade y Montecino, 2013) mencionan que los estudiantes de matemáticas presentan dificultades al convertir un enunciado en lenguaje natural en otro registro de representación, tales como el gráfico o algebraico y viceversa.

Sin embargo, de la primera prueba *post-hoc* se rescata la influencia favorable de la utilización de la secuencia didáctica en el ambiente gráfico, toda vez que los estudiantes lograron un des-

empeño sobresaliente en los reactivos con este registro inicial, también la interpretación lograda por los estudiantes en el ambiente gráfico proporciona significado en el ambiente algebraico.

5. Conclusiones

Como se describe al inicio del documento, este trabajo reporta la investigación realizada al poner en práctica una secuencia didáctica distinta a la tradicional en el curso de Cálculo Diferencial para el estudio y tratamiento de puntos críticos, función creciente y decreciente, puntos de inflexión y concavidad, utilizando como pretexto natural los problemas de optimización. La secuencia didáctica diseñada contempla un enfoque que va más allá de la manipulación algorítmica respecto de un esquema tradicional, toda vez que la secuencia didáctica enfatiza en el uso de los diferentes registros de representación y la articulación de los mismos. Al incluir GeoGebra a la propuesta se busca que el estudiante construya los conceptos matemáticos a partir de la vinculación de los distintos registros de representación, así como generar conocimiento a partir de su interacción con los objetos matemáticos, por lo que la teoría de representaciones semióticas juega un papel primordial a partir de las actividades cognitivas de tratamiento y conversión.

La puesta en escena de la secuencia didáctica asistida con GeoGebra se considera exitosa en varios aspectos, por una parte se logra que los estudiantes se apropien intelectualmente de los problemas de optimización, el recurso tecnológico incluido y los conceptos matemáticos asociados; la utilización de la secuencia didáctica y las aplicaciones en GeoGebra permiten utilizar el tiempo de manera eficiente, toda vez que la manipulación numérica y algebraica queda en segundo término, por lo que se privilegia el tránsito entre los diferentes registros de representación y se promueven las habilidades de análisis e interpretación.

Se diseñó un instrumento de medición postest para evaluar las habilidades matemáticas de los estudiantes cuando utilizan una secuencia didáctica para interactuar con los objetos matemáticos. El instrumento resultó válido y altamente confiable, toda vez que se obtuvo un coeficiente $r = 0.90$ por el método de mitades partidas y $r = 0.95$ para el caso del coeficiente delta de Ferguson.

Resulta evidente que en general la secuencia didáctica fortalece la apropiación por parte de los estudiantes de los conceptos: puntos de inflexión, función creciente y/o decreciente y valores absolutos; particularmente, el uso de la secuencia didáctica favorece notoriamente al estudiante en cuanto a la comprensión de máximos y mínimos relativos y la determinación de los intervalos en donde la función es creciente y/o decreciente en un ambiente gráfico. La secuencia didáctica y el postest permitieron detectar que los estudiantes presentan confusiones entre el

signo de la segunda derivada con la condición de función mínima o máxima relativa, también se detectaron confusiones entre los valores relativos y los absolutos y el punto de inflexión con los máximos y mínimos relativos. Los análisis realizados también permitieron detectar dificultades importantes en las transformaciones del lenguaje natural a otros registros de representación, lo cual confirma que aún la enseñanza de las matemáticas en los niveles previos tiene un énfasis muy importante en el uso de reglas y métodos, lo que disminuye el aprovechamiento de los estudiantes en cuanto a la potencialidad del cálculo. La experiencia de esta investigación y los resultados obtenidos indican la necesidad de fortalecer la enseñanza del cálculo a través de secuencias didácticas que promuevan un balance en el uso de los registros de representación, acercamientos intuitivos a los conceptos y el uso de recursos tecnológicos para permitir al estudiante la exploración, la conjetura y la validación de sus procedimientos y resultados.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- Alsina, Á. & Coronata, C. (2014). Los procesos matemáticos en las prácticas docentes: diseño, construcción y validación de un instrumento de evaluación. *Educación Matemática en la Infancia*, 3(2), 23–36.
- Antrade, M. & Montecino, A. (2013). Conversión de registros en el cálculo integral: la problemática de los sólidos de revolución. En R. Flores (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* (pp. 473–479). México: Comité Latinoamericano de Matemática Educativa.
- Arango, J., Gaviria, D. & Valencia, A. (2015). Differential Calculus Teaching through Virtual Learning Objects in the Field of Management Sciences. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 176, 412–418. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.490
- Areaya, S. & Sidelil, A. (2012). Students' difficulties and misconceptions in learning concepts of limit, continuity and derivative. *The Ethiopian Journal of Education*, 32(2), 1-38.
- Artigue, M. (1998). Enseñanza y aprendizaje del análisis elemental: ¿qué se puede aprender de las investigaciones didácticas y los cambios curriculares? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa RELIME*, 1(1), 40-55.
- Artigue, M. (2011). Tecnología y enseñanza de las matemáticas: desarrollo y aportes de la aproximación instrumental. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 6(8), 13–33.
- Bacelli, S., Anchorena, S., Moler, E. & Aznar, M. (2013). Análisis exploratorio de las dificultades de alumnado de Ingeniería en la resolución de problemas de optimización. *Números. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 84, 99-113.
- Backhoff, E., Larrazolo, N. & Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2 (1).
- Barraza, A. (2007). La consulta a expertos como estrategia para la recolección de evidencias de validez basadas en contenido. *Investigación Educativa Duranguense*, (7), 5-14.

- Brito, M., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. & Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, 14(2), 129-139.
- Bu, L., Spector, J. & Haciomeroglu, E. (2011). *Toward model-centered mathematics learning and instruction using GeoGebra: a theoretical framework for learning mathematics with understanding*. En L. Bu & R. Schoen (Eds.), *Model-Centered Learning Pathways to Mathematical Understanding* Using GeoGebra. Países Bajos: Sense Publisher.
- Caligaris, M., Schivo, M. & Romiti, M. (2015). Calculus & GeoGebra, an interesting partnership. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 1183-1188. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.735
- Cárdenas, W. & Carreño, P. (2017). *Estrategias didácticas de aprendizaje en matemáticas. Especialización en docencia universitaria*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Carmines, E. & Zeller, R. (1987). *Reliability and Validity Assessment*. EUA: Sage.
- Contreras, L. (1998). Metodología para desarrollar y validar un examen de español, de referencia criterial y referencia normativa, orientado por el currículum, para la educación primaria en México. Memorias del III Foro Nacional de Evaluación Educativa. Veracruz. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior.
- Contreras, L. (2000). Desarrollo y pilotaje de un examen de español para la educación primaria en Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. Tesis de maestría, Recuperado de: <http://eduweb.ens.uabc.mx/egresados/index.html>
- Contreras, L., Bachhoff, E. & Larrazolo, N. (2004). *Educación, aprendizaje y cognición*. Teoría en la práctica. México: Manual Moderno.
- Corral, Y. (2009). Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. *Revista Ciencias de la Educación*, 19(33), 228-247.
- Crocker, L. & Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. EUA: Holt, Rinehart and Winston Editores.
- Cuevas, C. & Pluvinage, F. (2013). Investigaciones sobre la enseñanza del cálculo. *El cálculo y su Enseñanza*, 4, 57-82.
- Díaz, J. (2014). Simulación y modelación de problemas de optimización del cálculo diferencial con la hoja de cálculo. *Epistemus*, 8(16), 48-54.
- Díaz, M., Haye, E., Montenegro, F. & Córdoba, L. (2013). *Dificultades de los alumnos para articular representaciones gráficas y algebraicas de funciones lineales y cuadráticas*. I Congreso de Educación Matemática de América Central y el Caribe, Santo Domingo, República Dominicana, 1-13.
- Ding, L., Chabay, R., Sherwood, B. & Beichner R. (2006). Evaluating an electricity and magnetism assessment tool: Brief electricity and magnetism assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(1), 010105-1-010105-7.
- Duval, R. (1993). Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. Traducción: Departamento de Matemática Educativa CINVESTAV-IPN.
- Duval, R. (2000). *Representación, visión y visualización: Funciones cognitivas en el pensamiento matemático*. La Université du Littoral Côte-d'Opale, Boulogne, et Centre IUFM Nord Pas-de Calais, Lille. Recuperado de <http://www.matedu.cinvestav.mx/e-librosydoc/pme-procee.pdf>
- Duval, R. (2006a). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Journal of Educational Studies in Mathematics*, 61(1-2), 103-131.
- Duval, R. (2006b). Quelle Sémiotique Pour L'Analyse de L'Activité et des productions Mathématiques? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, Número especial, 45-81.
- Engelhardt, P. (2009). An Introduction to Classical Test Theory as Applied to Conceptual Multiple-Choice Tests. *Getting Started in PER*, 2. Recuperado de: <http://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=8807&DocID=1148>
- Eyyam, R. & Yaratan, H. (2014). Impact of use of technology in mathematics lessons on student achievement and attitudes. *Social Behavior and Personality: an international journal*, 42(1), 315-425.

- Feo, R. (2010). Orientaciones básicas para el diseño de estrategias didácticas. *Tendencias Pedagógicas*, 16, 221-236.
- García, J. (2013). La problemática de la enseñanza y el aprendizaje del cálculo para ingeniería. *Revista Educación*, 37(1), 29-42.
- García, M. & Vilanova, S. (2008). Las representaciones sobre el aprendizaje de los alumnos de profesorado. Diseño y validación de un instrumento para analizar concepciones implícitas sobre el aprendizaje en profesores de matemática en formación. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 3(2), 27-34.
- Gómez, A., Guirette, R. & Morales, F. (2017). Propuesta para el tratamiento de interpretación global de la función cuadrática mediante el uso del software Geogebra. *Educación Matemática*, 29(3), 189-224. doi: 10.24844/EM2903.07
- Gómez, P. (1997). Tecnología y Educación Matemática. *Informática Educativa*, 10(1), 93-111.
- Habre, S. & Abboud, M. (2006). Students' conceptual understanding of a function and its derivative in an experimental calculus course. *The Journal of Mathematical Behavior* 25(1), 57-72. doi: 10.1016/j.jmathb.2005.11.004
- Hanna, G., Jahnke, H. & Pulte, H. (2010). *Explanation and proof in mathematics. Philosophical and educational perspectives*. Nueva York, EUA: Springer. doi: 10.1007/978-1-4419-0576-5
- Henryssen, S. (1971). *Gathering, Analyzing, and Using Data on Test Items*. En R. L. Thorndike (Ed.), *Educational Measurement*. Washington, EUA: American Council on Education.
- Hernández, E., Briones, A., Serdeira, P. & Medina, F. (2016). Geogebra y TIC en matemáticas de enseñanza secundaria. *Anuario de Jóvenes Investigadores*, 9, 212-215.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2013). *México en PISA 2012*. Recuperado de: <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2018/12/PISA-2012-Resumen.pdf>
- Londoño, N., Kakes, A. & Decena, V. (2013). Algunas dificultades en la resolución de problemas con derivadas. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 26, 935-942.
- Madrid, M., Maz, A., León, C. & López, C. (2017). Aplicaciones de las matemáticas a la vida diaria en los libros de aritmética españoles del siglo XVI. *Bolema, Rio Claro (SP)*, 31(59), 1082-1100.
- Maharaj, A. & Ntuli, M. (2018). Students' ability to correctly apply differentiation rules to structurally different functions. *South African Journal of Science*, 114(11-12), 1-7. doi: 10.17159/sajs.2018/5008
- Mañas, J. (2013). *Utilización de las TIC en el aula. Geogebra y Wiris*. Máster en profesorado de educación secundaria obligatoria y bachillerato (Especialidad Matemáticas). Universidad de Almería.
- Martínez, X. & Camarena, P. (Coord.) (2015). La educación matemática en el siglo XXI. Recuperado de: <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/libros/la-educacion-matematica/conclusiones.pdf>
- Molina, A., Wizner, Á., Lacave, C. & Gallardo, J. (2015). Una herramienta de diseño y análisis de instrumentos de evaluación e indagación docente. A: JENUI 2015. Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática. Universitat Oberta La Salle ed. Andorra la Vella: Universitat Oberta La Salle, 2015, 144-151. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2117/76924>
- Muñoz, J. & Mato, M. (2008). Análisis de las actitudes respecto a las matemáticas en alumnos de ESO. *Revista de Investigación Educativa*, 26(1), 209-226.
- Navarro, L., Robles, A., Ansaldo, J. & Castro, F. (2016). Secuencia didáctica apoyada en tecnología para la construcción del concepto derivada en problemas de optimización. *UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 12(46), 171-187.
- Nazihatulhasanah, A. & Nurbih, S. (2015). The effects of GeoGebra on students achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 172, 208-214. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.356

- Nitko, A. (1994). *A Model for Curriculum-Driven Criterion-Referenced and Norm-Referenced National Examinations for Certification and Selection of Students*. Ponencia presentada en la Conferencia Internacional sobre Evaluación y Medición Educativas, de la Asociación para el Estudio de la Evaluación Educativa (ASSESA).
- Ozdamli, F., Karabey, D. & Nizamoglu, B. (2012). *The effect of technology supported collaborative learning settings on behavior of students towards mathematics learning*. 2nd World Conference on Educational Technology Researches.
- Popham, J. (1990). *Modern educational measurement: a practitioner's perspective* (2a. ed.). Boston, EUA: Allyn and Bacon.
- Prieto, G. & Delgado, A. (2010). Fiabilidad y validez. *Papeles del psicólogo*, 31(1), 67-74.
- Romero, M. & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. doi: 10.5565/rev/ensciencias.433
- Ruiz, E., Jiménez, M. & Montiel, A. (2017). Uso de un sistema experto en la detección de perfiles en estudiantes de ingeniería. *ANFEI Digital*, 4(7), 1-10.
- Sánchez, G., García, M. & Llinares, S. (2008). La comprensión de la derivada como objeto de investigación en didáctica de la matemática. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 11(2), 267-296.
- Taleb, Z., Ahmadi, A. & Musavi, M. (2015). The Effect of M-learning on Mathematics Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171, 83-89. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.092
- Torres, C. & Racedo, D. (2014). *Estrategia didáctica mediada por el software GeoGebra para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de la geometría en estudiantes de 9° de básica secundaria*. Magister en educación. Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia.
- Ubuz, B. (2007). Interpreting a graph and constructing its derivative graph: Stability and change in students' conceptions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 38(5), 609-637.
- Zengin, Y., Furkan, H. & Kutluca, T. (2012). The effect of dynamic mathematics software GeoGebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 31, 183-187. doi: 10.1016/j.sbspro. 2011.12.038
- Zerrin, R. (2010). Computer supported mathematics with GeoGebra. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 1449-1455. doi: 10.1016/j.sbspro. 2010.12.348
- Zerrin, R. & Sebnem, O. (2010). Using GeoGebra as an information technology tool: parabola teaching. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 565-572. doi: 10.1016/j.sbspro.2010.12.198
- Zuñiga, L. (2007). El cálculo en carreras de ingeniería: un estudio cognitivo. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 10(1), 145-175.

La Teoría del Actor-Red y el Análisis de Redes Sociales en la educación continua de los profesionales en Bibliotecología

Oscar David Calvo Solano
Ramón Masís Rojas
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Rafael Evelio Granados Carvajal
Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica

Resumen

Este estudio de caso realiza una interpretación crítica de una práctica llevada a cabo en enero del 2020, donde en una universidad pública costarricense se impartió un curso sobre la aplicación de la Teoría del Actor-Red (TA-R) y el Análisis de Redes Sociales (ARS) en Bibliotecología. El objetivo de este trabajo es exponer los hallazgos encontrados y visualizar una línea de trabajo futura. Se contó con 13 participantes, a los que se les enseñaron los conceptos básicos del ARS. Hubo interés en la construcción de redes de autores y afiliaciones, utilizando bases de datos documentales, y se encontró que los conceptos de atributo y característica fueron confusos, por lo que su cuestionamiento puede extenderse a otras disciplinas. Se concluyó que, aunque el estudiantado logró captar los conceptos del ARS, es preciso encontrar espacios para desarrollar más el tema, por lo cual se propone fomentar nuevos procesos de educación continua para el uso de esta herramienta en Bibliotecología.

Palabras clave

Teoría del Actor-Red, Análisis de Redes Sociales, atributo, Bibliotecología, característica, educación continua, redes de autores y afiliaciones.

The Actor-Network Theory and the Social Network Analysis in the continuing education of professionals in Library Science

Abstract

This case study makes a critical interpretation of a practice developed in January 2020, where a course on the application of the Actor-Network Theory (TA-R, in Spanish) and the Social Network Analysis (ARS, in Spanish) in Library Science was taught at a Costa Rican public university. The aim of this work is to expose the findings encountered and visualize a future line of work. There were 13 participants, who were taught the basics of ARS. There was interest in building networks of authors and affiliations using documentary databases and it was found that the concepts of attribute and characteristic were confusing, so their questioning can be extended to other disciplines. It was concluded that, although the students understood the concepts of the ARS, it is necessary to find scenarios to further develop the topic, which is why we propose to promote new processes of continuing education for its usage in Library Science.

Keywords

Actor-Network Theory, Social Network Analysis, Attribute, Library Science, Feature, Continuous Learning, Networks of Authors and Affiliations.

Recibido: 29/09/2021

Aceptado: 25/03/2022

Introducción

Las relaciones entre distintos entes ha sido un tema de antigua y constante investigación (Borgatti, Everett y Johnson, 2018). Dentro de esta línea, la Bibliotecología ha venido mostrando interés en estudiar los vínculos que se desarrollan entre la gran diversidad de publicaciones existentes, así como las colaboraciones académicas que se generan a partir de éstas. Investigaciones tales como las de Molina, Muñoz y Domenech (2002), Aguado, *et al.* (2009), Calvo y Alfaro (2018) y Chavarría (2020) ejemplifican bien estas ideas al hacer uso de la teoría de redes y de indicadores de colaboración y coautoría.

En enero del año 2020 se impartió en la Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información (EBCI) de la Universidad de Costa Rica (UCR) el curso: Redes Sociales para Estudios Métricos de la Información, el cual tuvo 20 horas de carácter presencial y estuvo dirigido al estudiantado, personal docente y profesional de esta área. El propósito del curso fue enseñar los principios básicos de la Teoría del Actor-Red (TA-R) (Arellano, 2015); el Análisis de Redes Sociales (ARS); sus medidas de centralidad, tales como densidad, grado, mediación y proximidad (Sanz, 2003), y la agrupación de estos conceptos en categorías (Castells, 1996; Verd Pericás, 2005) para su aplicación en investigaciones relacionadas con la Bibliotecología y los Estudios Métricos de la Información (Gorbea, 1994).

La experiencia benefició al personal docente y al alumnado de la EBCI pues presentó una nueva herramienta de suma utilidad en su ejercicio profesional. Mediante la TA-R y el ARS las personas profesionales en Bibliotecología pueden realizar estudios de citas y afiliaciones y obtener tendencias sobre una disciplina en particular. Lo anterior les brinda un valor agregado en comparación con las otras profesiones pues serán capaces de tener acceso a las novedades que existen dentro de diversas líneas de investigación en las que es posible visualizar distintas relaciones y patrones por medio de redes.

El objetivo de este trabajo es exponer los aportes que la TA-R y el ARS pueden generar en los procesos de educación continua en Bibliotecología, vistos desde la óptica del estudiantado. A la vez, propone una versión más avanzada de la enseñanza de los conceptos de la TA-R y el ARS al relacionar éstos con los Estudios Métricos de la Información. Este estudio de caso profundiza acerca de las lecciones aprendidas por parte de los instructores y las oportunidades de mejora por tomar en cuenta en futuras experiencias similares en las cuales se puedan identificar más aportes de la TA-R y el ARS en la Bibliotecología.

Marco teórico

Arellano (2015) refiere que es a partir de lo descrito por Bruno Latour, Michel Callon y John Law que la TA-R tiene su origen en la década de los años ochenta del siglo XX y que, inicialmente, fue

concebida bajo el título de sociología de la traducción. Esta teoría se basa en los principios de la epistemología estructural y hace énfasis en el concepto de sistema. En este una entidad, ya sea específica o individual, carece de significado si no se encuentra dentro de un ambiente relacional en conjunto (Arellano, 2015).

En la TA-R los actores no tienen un comportamiento individual *per se* sino que al articularse dentro de una red se vuelven parte de la dinámica de ésta. Así, adquieren el comportamiento propio de la misma en torno a la consecución de un objetivo en común (Freeman, 1978/79).

La evolución de la TA-R ha conducido al desarrollo del ARS, este tuvo su origen en la década de los 30, de la mano del psicólogo Jacob Moreno, quien consideró como átomo social no sólo al individuo sino a éste y a sus relaciones de atracción y rechazo en torno a sí (De Federico, 2008). Moreno reconoció la existencia de un nodo mediador que fomenta el orden del grupo y cada nodo como un ente receptor de información.

Posterior a esto, De Federico (2008) indica que John Barnes estudió el comportamiento de las estructuras en una parroquia noruega, en ella se interesó por su jerarquía de poder y su división por estratos sociales. Barnes pudo distinguir la existencia de actividades económicas ligadas a la pesca, al territorio en términos de cooperación agrícola y vecindad y, por último, visualizó un último grupo compuesto por la unión de estos dos.

Como consecuencia, Sanz (2003) refiere que el ARS se consolidó como un conjunto de técnicas de análisis para el estudio formal de las relaciones entre actores y analiza las estructuras sociales que surgen de la recurrencia de esas relaciones o de la ocurrencia de determinados eventos. Al mismo tiempo, brinda un método para describir a sus nodos, no sólo en términos de su posición en la red sino que también contribuye a estudiar cómo se comportan sus relaciones y el flujo de información que se da a través de estas interacciones.

El primer concepto clave al estudiar el ARS es la noción de red. Las redes son una forma abstracta de visualizar una serie de sistemas compuestos de actores, que se llaman habitualmente nodos, y de enlaces entre ellos que se llaman aristas. Estas interacciones corresponden a flechas que van de un nodo al otro, con un sentido definido, o bien deben ser arcos, si es que la relación es mutua (Díaz y Calvo, 2019).

En el estudio de las redes es fundamental distinguir entre dos clases. Díaz y Calvo (2019) indican que la primera versa sobre aquellas que relacionan un grupo de actores entre sí, y se les conoce como redes de Modo 1. La segunda clase corresponde a aquellas que describen los vínculos que pueden darse entre entidades y eventos, las cuales reciben el nombre de redes de Modo 2.

Para construir redes es preciso ordenar la información en matrices de adyacencia, en ellas se coloca el número uno para denotar presencia de una relación, o bien, un cero para denotar su ausencia

(Calvo y Alfaro, 2018). En el curso impartido se hizo énfasis en las ego-redes, basadas en la vertiente del ARS que explica las conexiones que se pueden referir a partir de un ego, un individuo o una entidad. Calvo y Alfaro (2018) indican que estas redes también se denominan redes personales o redes egocéntricas.

En el ARS se han desarrollado medidas de centralidad que comparan y caracterizan las estructuras de las redes y las posiciones que los nodos ocupan en ellas (Sanz, 2003). De éstas, cuatro fueron de interés para el desarrollo del curso impartido, a saber: densidad, grado, mediación y proximidad.

La densidad corresponde al número de conexiones que se establecen entre las entidades en relación con el máximo número de relaciones dentro de la red. Por su parte, el grado se define como el número de otros actores a los cuales un nodo está directamente unido (Sanz, 2003).

La mediación es el nivel en que cada entidad debe pasar a través de un nodo focal para comunicarse con el resto. Sanz (2003) indica que la mediación brinda una idea de la jerarquía de una entidad dentro de la red con respecto a su control sobre la información que contiene. La proximidad es la propiedad por la cual un nodo puede tener relaciones con otros, pero a través de un pequeño número de pasos en la red (Sanz, 2003).

Estas definiciones se exponen de la manera más sencilla posible puesto que así se realizó durante el curso, dejando el detalle del cálculo de sus valores al paquete informático utilizado, esto con el propósito de que el conocimiento y significado de las mismas fuera de fácil comprensión e interiorización. La exposición de las ecuaciones que conducen al cálculo de estas medidas se encuentra por fuera de los alcances de este trabajo, sin embargo, la forma de calcular cada una de estas medidas de centralidad puede ser consultada en el trabajo de Sanz (2003).

Otro concepto fundamental que se abordó en el curso fue el de categorización, éste se deriva de lo que Castells denominó la sociedad red (Castells, 1996). Dentro de ésta, tres características definen a la sociedad actual: qué grupos sociales relevantes se organizan en red, cuáles de estos dimensionan su acción a nivel mundial y si sus acciones se sustentan en tecnologías de la información, siendo esta sociedad red una alusión a la globalización y a la sociedad del conocimiento.

Castells (1996) destaca que lo mencionado lleva a la creación de una capacidad para generar un pensamiento significativo y, a la vez, una razón abstracta. Lo anterior permite el desarrollo de categorías que van más allá del contexto inmediato, esto no depende del conocimiento sino que es un fenómeno más colectivo: una red.

Correa (2018) refiere que una categoría es una construcción para ordenar el mundo vivido y representa una visión anticipada de dicho mundo. Además, esta construcción es semántica y ope-

ra como un constructo comprensivo. Su importancia se basa en la doble operación de la configuración y reconfiguración de su sentido propio y significado. Las categorías que se tomaron en cuenta para impartir el curso en cuestión y elaborar este trabajo son las siguientes:

1. **Categorías conceptuales:** Son aquellas que permiten nombrar entidades.
2. **Categorías nominales:** Corresponden a nombres y adjetivos que van a construir los nodos de la red (Verd Pericás, 2005).
3. **Categorías vehiculares:** Permiten ir de una categoría a otra.
4. **Categorías de análisis:** Son aquellas que provienen de los sujetos de la investigación. Hacen referencia a los nodos de los cuales se tiene poco conocimiento dentro de la red.

El análisis tanto de las redes sociales como de las distintas categorías puede ser aplicable al campo de la Bibliotecología por medio de los Estudios Métricos de la Información, éstos no obedecen a una definición *per se* sino que están contextualizados según el objeto de estudio, el procedimiento utilizado, las unidades de observación y el objetivo científico del análisis por realizar. Estos estudios se encuentran dentro de lo que se denomina el sistema Bibliológico-Informativo y, aparte de contribuir con la generación del conocimiento, propician el surgimiento y consolidación de las especialidades métricas de la información (Gorbea, 1994).

El ARS es una herramienta que brinda métricas (Sanz, 2003), las cuales poseen un poder explicativo debido a que los atributos y las características expresan la dinámica de la red y cómo son las conexiones o interacciones en ella. Además, explica la eficacia de los procesos y las consecuencias que tienen en cada una de sus dimensiones. La estructura de la red representa un acercamiento a las entidades que se involucran en la discusión, a quiénes guardan la centralidad en un debate, y permiten establecer las tendencias en la gestión. Explican cómo se llega o no a una flexibilidad y sostenibilidad en el uso de los recursos disponibles.

Algunas redes se forman con un limitado número de nodos que son estables y por un período definido donde hay quienes quedan excluidos de una participación directa y quienes se excluyen conscientemente. Hay nodos que poseen los recursos presentados y utilizados en sus estrategias, en los procesos de la discusión de la gestión y constituyen las bases de una negociación. Como consecuencia, la orientación que toma la discusión y los cambios sobre la gestión deben verse como las capacidades y los recursos de poder de cada subgrupo de nodos y también de quien los lidera.

El proceso de la negociación se conforma por un gran número de eventos donde cada nodo va madurando sus posiciones, adaptando sus estrategias de la negociación, en el marco del

constreñimiento que marcan las reglas del juego. En los espacios de asambleas y reuniones para la negociación se presentan diversos valores, se intercambian las ideologías y se establece lo cognitivo, lo simbólico, el significado que tienen las reglas para cada quién. Todo esto ocurre con un permanente balance de los poderes que, de llegar a acuerdos, determinan el horizonte dado a la gestión.

Sin embargo, en tiempo y en espacio, las redes pueden ser fluctuantes en cuanto al contacto entre entidades, las estrategias de negociación, la evolución de los valores y las visiones. Hay quienes salen de la arena de la negociación y existen otras personas que ingresan. Los niveles de acuerdo y desacuerdo son variados, dependiendo de los problemas, de las alternativas de solución, de los poderes desiguales y de la distribución de los recursos del poder.

Por esta dinámica es preciso incluir el tema del ARS y la TA-R en los procesos de formación y educación continua en Bibliotecología pues el tema brinda una herramienta de inserción en estas estrategias. Coll, Rochera, Mayordomo y Naranjo (2007) indican que a nivel de enseñanza superior la educación continua facilita la construcción de conocimientos y habilidades en las personas al mismo tiempo que apoya sus propios procesos de aprendizaje.

Además, quienes asisten a cursos y programas de formación continua pueden promover posteriormente una actitud participativa en otros entornos educativos. El estudio de la TA-R y el ARS fomentan un cambio de paradigma que no sólo lleva nuevos conocimientos a otras audiencias sino que también logra cambiar una expectativa pasiva en el estudiantado pues una actualización constante permite crear las capacidades para que quienes adquieran nuevas herramientas puedan transmitir las (Tyner, Gutiérrez y Torrego, 2015).

Tyner, Gutiérrez y Torrego (2015) agregan que la educación continua permite a sus participantes encontrar nuevas formas de representarse y encontrar nuevas formas de expresión. Al mismo tiempo, incrementa la capacidad de diálogo con sus futuros estudiantes, lo que lleva a la construcción de la expresión creativa, al análisis crítico, a la mejora de las competencias académicas y a la capacitación profesional, todo esto de la mano de los principios de la pedagogía constructivista.

Estrategia metodológica

Este trabajo constituye un estudio de caso ya que analiza el fenómeno del objeto de estudio en su contexto real. Al mismo tiempo, utiliza fuentes de evidencia cualitativas que conllevan el uso de información subjetiva, se ve limitado en el momento de aplicar inferencia estadística y cuenta con la influencia del juicio subjetivo de los investigadores (Jiménez, 2012).

En línea con lo descrito por Jiménez (2012), este ejercicio busca conocer la realidad de una situación en la que se requiere explicar la existencia de relaciones causales complejas, realizar descripciones de perfiles y valorar posturas exploratorias sobre un fenómeno complejo e incierto. Este trabajo es un estudio de caso explicativo pues tiene la intención de investigar y explicar las características del fenómeno de estudio con mayor profundidad al hacer énfasis en las relaciones del objeto y cuestionarse el cómo y porqué se presentan.

Se muestra un estudio de caso deductivo, ya que se utiliza la teoría existente para investigar un fenómeno enfocado (Jiménez, 2012). De esta forma, se busca aplicar la TA-R y los fundamentos teóricos del ARS en un ámbito en específico como lo es la Bibliotecología.

Se tomaron como objeto de estudio las soluciones de los ejercicios elaborados en clase por cada una de las personas que participaron en las actividades del curso. Este informe analiza un grupo pequeño de personas ($N=13$) y hace uso de conceptos con el fin de captar el significado de los eventos. Es importante mencionar que se utilizó una muestra pequeña debido a que inicialmente 20 personas matricularon el curso, de las cuales sólo 13 asistieron a las sesiones, que fueron presenciales en su totalidad. Al utilizar en un nivel general los resultados de las actividades del curso no se analiza la información personal de quienes participaron en este y, por ende, no hubo necesidad de elaborar un consentimiento informado.

Este estudio de caso presenta el desafío del pequeño tamaño de la muestra y la posible no-representatividad y se plantea si la cantidad de respuestas obtenidas por el grupo de personas cubren todo el ámbito de acción de la enseñanza del ARS en Bibliotecología. Sin embargo, en un estudio de caso, una muestra pequeña cuenta con la ventaja de que el fenómeno se puede estudiar de forma posterior con mayor profundidad, al contrario de lo que sucedería al estudiar una muestra de mayor tamaño (Jiménez, 2012).

Al ser posible el uso de métodos de investigación cualitativos dentro de un estudio de caso (Jiménez, 2012), en este trabajo se cumplen los criterios de flexibilidad y adaptabilidad sugeridos por Barrantes (2002). Por lo tanto, este proceso puede replicarse y modificarse en otros contextos y espacios, según sea la necesidad y la realidad de dónde, quién y para quién se aplique.

La recolección de información se realizó *post facto* (Jiménez, 2012), puesto que en este trabajo los investigadores no intervinieron sobre el caso de estudio y la obtención de la información se realizó después de que se impartió el curso. Para este informe, se utilizaron los resultados de cada una de las redes de los ejercicios vistos en clase y de las tareas resueltas por el estudiantado.

En cuanto al trabajo en campo, se impartieron cinco lecciones durante el curso. En la primera lección se introdujo el tema de categorización y se brindó una breve introducción acerca de los principales conceptos de la TA-R y el ARS; también se buscó indagar un poco en torno al interés que tenía el alumnado por aprender sobre este tema.

En las dos clases siguientes se brindaron los conceptos clave del ARS, según los criterios expuestos por Sanz (2003). Como complemento, se mostró también cómo calcular las medidas de centralidad correspondientes a la densidad, grado, mediación y proximidad y cómo representarlas visualmente mediante un grafo. Al final de ambas sesiones, se desarrolló un trabajo práctico en torno a la elaboración de redes de autores y afiliaciones. Éstas también se utilizaron como insumo para la elaboración de este informe.

Las dos últimas sesiones fueron de carácter reflexivo. Mediante la lectura de la fábula de Esopo⁴, titulada El León y el Delfín, se buscó que las personas asistentes al curso relacionaran su contenido con los conceptos de categoría, atributo y característica y cómo la comprensión de una fábula se puede relacionar con el ARS. De esta forma, se pretendía probar la pertinencia de las fábulas en el momento de interiorizar la naturaleza causal de los vínculos en una red.

Finalmente, se solicitó a los participantes realizar, de dos maneras, la red correspondiente a su grupo de amistades: primero sin incluirse como nodos y, posteriormente, incluyéndose a sí mismos dentro de la red. Este ejercicio se llevó a cabo con el objetivo de que pudieran ver cuál es su rol dentro de esta red y qué tanto grado o mediación tenían dentro de esta estructura.

Para analizar la información, se siguió la lógica de un análisis cualitativo, válido en un estudio de caso (Jiménez, 2012). Esto buscó tratar la información obtenida durante la observación *post facto* y así obtener las relaciones de causa y efecto que se presentaron en las respuestas de los ejercicios asignados. De esta forma fue posible establecer una correlación entre los contenidos del curso con el proceso de enseñanza de la TA-R y el ARS en Bibliotecología, al tiempo que se considera que esta dinámica es replicable para su aplicación en grupos muestrales similares.

A partir de los resultados de los ejercicios realizados por quienes asistieron a las sesiones, se ubicaron las frecuencias de cada una de sus áreas e intereses de estudio. Mediante el uso de papelógrafos se buscó conocer la información referente a lugar de estudio, formación académica, idiomas, participación en congresos y conferencias y temáticas de estudio e interés y

⁴ Las fábulas de Esopo pueden consultarse y descargarse en el siguiente enlace: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/Colecciones/CuentosMas/Esopo.pdf>

así fue posible construir categorías para realizar una adecuada caracterización del grupo. Esto se realizó según lo descrito por Correa (2018).

Como parte del componente educativo del curso se enseñó al estudiantado a elaborar grafos correspondientes a redes de Modo 1 y Modo 2, haciendo uso del paquete informático *Visone* versión 2.6.5. Este se utilizó también para elaborar las distintas redes que se muestran en este trabajo (figuras 1, 3 y 4). Dentro de los procesos de educación continua, el uso de *software* educativo fomenta el desarrollo de competencias tales como creatividad y participación. Se considera que el uso de herramientas relacionadas con las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) promueven altos grados de innovación en los esquemas de formación continua (Sánchez, Ramos y Sánchez, 2014).

Por último, para poder enfocar la validez, confiabilidad y generalización de la información, este estudio de caso recurrió a la triangulación al hacer uso de una verificación por parte de los investigadores para así poder corroborar de forma activa la interpretación de los datos. Esta consulta entre colegas permitió dar validez al juicio combinado de los investigadores (Jiménez, 2012).

Este estudio de caso presenta como validez de constructo la calidad de los conceptos impartidos en el curso desarrollado (Jiménez, 2012). Como complemento, una vez presentado este informe, esta validez toma rigurosidad al presentar el caso a partir de un proceso de triangulación y el establecimiento de una cadena de evidencia dada por las respuestas de los ejercicios entregados por los estudiantes.

La validez interna de este trabajo radica en que fue posible establecer y formular las relaciones causales en la construcción de cada una de las redes asignadas en los ejercicios al tiempo que fue factible asignar patrones y categorías y generar así una explicación lógica. Al tomar como guía los criterios de Jiménez (2012), se tiene que la validez externa de este trabajo está presente al ser latente la posibilidad de que pueda desarrollarse y mejorarse un ejercicio similar a futuro con una población semejante.

Existe también un grado de fiabilidad presente puesto que se detallan en este apartado de metodología los sesgos en que se pudo haber incurrido en el momento de realizar este estudio de caso (Jiménez, 2012); éstos se presentaron al poder considerarse que la muestra de estudio fue pequeña, o bien, no representativa.

Resultados

Del total de asistentes al curso, nueve fueron mujeres y cuatro hombres. De estas personas, tres se desempeñaban como docentes de la EBCI; cinco eran estudiantes de la Licenciatura en Bibliotecología de la UCR en sus dos énfasis: Ciencias de la Información y Bibliotecas Educativas; tres eran profesionales en Esta-

dística; una era profesional pensionada en Bibliotecología, y uno era profesional en Geografía, quien laboraba como editor para una revista de la Universidad.

Según la línea de contenidos del curso, al final del segundo día, se envió una tarea⁵ a cada estudiante para verificar su comprensión sobre la materia, ésta consistía en la elaboración de una red genérica de Modo 2 a partir de una matriz de adyacencia dada. Además de graficar esta red, se solicitaba calcular las medidas de centralidad correspondientes al grado, mediación y proximidad vista como grado de entrada y grado de salida. Se asignó también exportar estos datos en una matriz y, finalmente, volver a elaborar una visualización del grafo de forma tal que se pudiera percibir quién era cada actor o evento. También se indicó graficar alguna medida de centralidad en una nueva representación de la red. La solución a esta primera tarea se muestra en la figura 1.

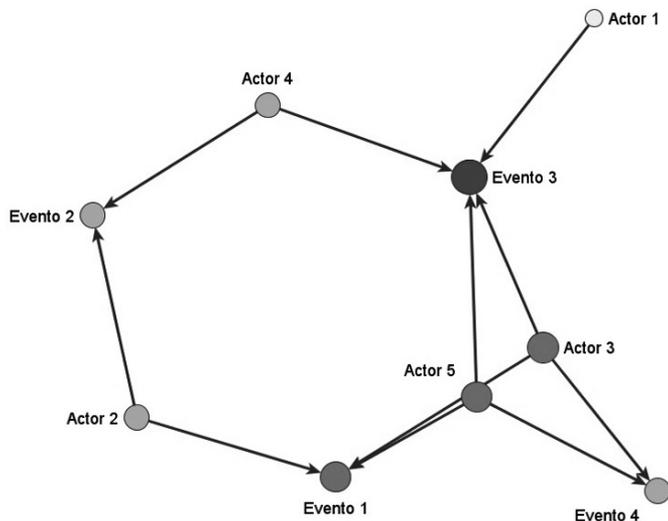
En la figura 1 se aprecia que se tiene una red de Modo 2, puesto que relaciona actores con eventos. Además, se destacó la visualización del grado tanto por tamaño como también por escala de color. De modo que aquellos nodos más grandes (pequeños) y oscuros (claros) corresponden a un grado mayor (menor). El Evento 3 sobresale como el que cuenta con un mayor grado ($C_D=18,18$). Seguidamente, el Actor 3, el Actor 5 y el Evento 1 destacan en segundo lugar ($C_D=13,64$). Los Actores 2 y 4 y los Eventos 2 y 4 ocupan una tercera posición a nivel de grado ($C_D=9,09$). El Actor 1 se percibe como el que tiene una menor cantidad de relaciones, teniendo solamente un vínculo con el Evento 3.

El Evento 3 se aprecia como el de mayor mediación ($C_B=14,25$) pues logra conectar más pares o grupos de actores o eventos entre sí. El Evento 1 ocupa la segunda posición ya que articula pares o grupos de actores o eventos por medio de tres nodos ($C_B=12,82$). Los Actores 3 y 5 ocupan un tercer lugar en esta jerarquía ($C_B=12,74$).

Con respecto a la proximidad en la figura 1, los actores 3 y 5 muestran más facilidad para tener relación con los eventos determinados ($D_I=27,27$). Los nodos que muestran una segunda mayor proximidad son los Actores 2 y 4 ($D_I=18,18$). Como el Actor 1 sólo se encuentra relacionado con el Evento 3 muestra una menor proximidad, dada por un valor de $D_I=9,09$. Los valores de proximidad y su comportamiento obtenidos para la red de la figura 1 correspondieron a los mismos valores de grado de salida para los mismos nodos.

⁵Las tareas asignadas pueden consultarse en el siguiente enlace (puede ser necesario solicitar acceso a los autores): https://drive.google.com/drive/folders/1Ni2k-UE3N0fNuMXDgDOFJE7b0_Ui1EBL?usp=sharing

• **Figura 1.** Solución de la Tarea 1



Fuente: Elaboración propia (2020)

En la red de la figura 1 los Actores (Eventos) sólo mostraron valores de proximidad vista como grado de salida (grado de entrada). De modo que en esta representación es de nuevo el Evento 3 el que tiene una mayor facilidad para que los actores se articulen hacia él ($D_i^+ = 36,36$) y el Evento 1 destaca en segundo lugar ($D_i^+ = 27,27$). En una última posición, los Eventos 2 y 4 no exhiben un grado de entrada tan considerable como los dos primeros ($D_i^+ = 18,18$) pues sólo dos actores se relacionan con ellos.

En cuanto a la experiencia del estudiantado en torno a la elaboración de esta tarea en su mayoría fue positiva. El principal error cometido fue no indicarle al paquete informático a qué tipo de matriz de adyacencia obedecían los datos, por lo cual en lugar de elaborar una red de Modo 2 realizaron la visualización de una red de Modo 1. También hubo confusión en el momento de exportar los valores de las medidas de centralidad como un archivo de hoja de cálculo, situación que fue resuelta con la elaboración de ejercicios posteriores.

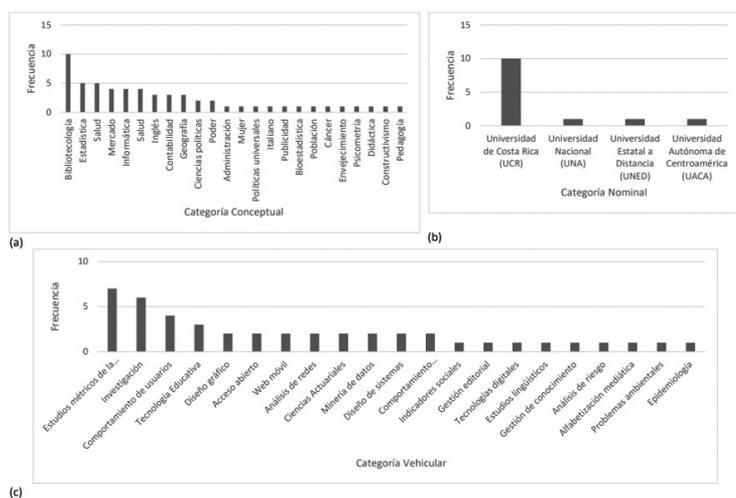
Al final del tercer día se asignó una segunda tarea, la cual consistía en elaborar una pequeña narrativa que relacionara el contenido de la fábula El León y el Delfín de Esopo con lo aprendido en clase. Posteriormente, se solicitó compartir los hallazgos con las demás personas del curso, cuya discusión planteó que las entidades entran en contacto con el mundo inmersos en redes que favorecen o no el desarrollo pleno del individuo. En las redes se encuentran patrones de relaciones y categorías similares y divergentes que demandan tanto una crítica como una reflexión.

El grupo reconoció que la individualidad que refleja cada nodo se encuentra dentro de un contexto en el que pueden desarrollar o no redes según sean sus intereses, atributos y capital social. Según los vínculos que éstos formen y las categorías en las que se vean inmersos, su articulación podrá hacer o no que cada quién alcance determinado potencial.

Se observó que, según la interacción (vínculo) mostrada tanto por el León como por el Delfín, sobresale un aspecto del ARS que va más allá de la visualización de la red en sí misma y que corresponde a cómo se presentan las relaciones. Se llegó al consenso de que, dentro de una red, existen en los individuos estructuras cognitivas que generan tensiones hacia sus relaciones y el mundo. El diálogo es una herramienta para exponer las experiencias y la construcción de posicionamientos subjetivos sobre la realidad pero, en ocasiones, no funciona como un vehículo para la generación de alianzas entre actores y, por el contrario, puede ocasionar distanciamientos.

Con respecto a las actividades de las dos últimas sesiones, se obtuvo que las categorías y conceptos aportados por el estudiantado hablan de un tiempo y espacio, revelan un orden cognitivo, que es parte del mundo vivido por el personal docente y el alumnado. El espacio está definido por categorías nominales ligadas a un ambiente universitario donde se estudia y trabaja. Todos tienen una carrera académica o están en la construcción de ésta; desarrollan diversos trabajos donde estudian temas como el poder, la salud, el género, el mercado y usan determinadas categorías vehiculares, tales como: estudios métricos, análisis de redes, comportamiento del usuario, gestión del conocimiento y minería de datos. La figura 2 muestra las categorías encontradas.

• **Figura 2.** Material categorial encontrado en el curso impartido



Nota: (a) Categorías conceptuales (conceptos), (b) Categorías nominales y (c) Categorías vehiculares, en este último gráfico la primera categoría corresponde a Estudios métricos de la información y la duodécima categoría se refiere al Comportamiento informacional, estas categorías fueron recortadas por el paquete informático utilizado para la elaboración del gráfico y se omite parte de su nombre mediante puntos suspensivos debido a su longitud.

Fuente: Elaboración propia (2020)

La figura 2 muestra que los conceptos que más asociaron quienes asistieron al curso sobre sí y su ego-red fueron la Bibliotecología y la Estadística debido a su formación. Destacan también en categorías conceptuales la salud, el mercado y la informática, cuya explicación tiene fundamento en que la mayoría se encontraba trabajando en estas temáticas en el momento de las sesiones. Otras categorías como los idiomas, el género y la educación, si bien están presentes, no obedecieron en el momento del curso a los intereses de investigación de la mayoría. En las categorías nominales sobresale en primer lugar la UCR, esto se debe a que la totalidad de quienes asistieron al curso tienen una vinculación con esta institución. En las otras instituciones educativas mencionadas las tres mostraron sólo una persona vinculada a ellas.

En las categorías vehiculares destacan en los primeros dos lugares los Estudios Métricos de la Información y la Investigación. La primera tiene su razón de ser puesto que el objetivo del curso consistía en brindar los lineamientos básicos del ARS para poder ser utilizado en Bibliotecología; la segunda debido a que el propósito de la mayoría del estudiantado consistía en no sólo aprender sobre el ARS sino también poderlo utilizar en su trabajo o estudio.

En la construcción de las redes de amistades fue posible visualizar dos situaciones. La primera, la comprensión que se tuvo con respecto a la construcción y visualización de redes de Modo 1 y 2; la segunda, el grado de análisis que cada estudiante desarrolló en el corto tiempo según lo que pudieron deducir a partir de las redes que elaboraron y las medidas de centralidad obtenidas.

La primera situación mostró que, para ese momento, todavía ciertas personas tenían dudas sobre el proceso de construcción de una red. Se apreció que en la construcción de la matriz de adyacencia aún referían que ciertas de sus amistades (nodos) tenían relación consigo mismas, asignándoles un valor de 1 dentro de la matriz. Esta situación es trivial en el ARS aplicado a redes de amistades, autores y afiliaciones puesto que es evidente que un actor determinado siempre tiene relación consigo mismo. Esta situación se detectó y pudo ser analizada con cada estudiante del curso durante la visualización de sus redes debido a que en aquellos actores en los que se cometió dicha trivialidad se presentó un comportamiento como el que se muestra en la figura 3.

Sobre la segunda situación, fue evidente que, cuando las personas no se incluían a sí mismas dentro de su red de amistades, ésta era menos cohesiva y mostraba clusters muy separados entre sí (Kivelä *et al.*, 2014). Al incorporarse cada quien dentro de la red pudieron percibir que todas las relaciones iban hacia sí por lo que, de una forma visual, fue posible interiorizar los conceptos de ego-redes, densidad, grado, mediación y proximidad.

• **Figura 3.** Situación recurrente en la elaboración de las redes de amigos observada durante las prácticas realizadas por los alumnos en el curso



Fuente: Elaboración propia (2020)

La última tarea del curso consistió en cuatro preguntas. La primera indagaba sobre definir qué es un itinerario conceptual y mencionar cómo se asocia con el ARS. La segunda buscaba que cada estudiante contestara cómo las fábulas podían ayudar a comprender mejor la construcción y el análisis de las distintas redes. En tercer lugar se preguntó cuántas definiciones de atributo se deben de tener presentes en el momento de ordenar y clasificar los datos necesarios para elaborar un ARS.

La cuarta pregunta consistió en tres actividades; al hacer uso del perfil del investigador José María Gutiérrez del Instituto Clodomiro Picado (ICP) de la UCR en la plataforma *Scopus*⁶ se solicitó que, con la información referente a sus diez primeras publicaciones⁷ hasta el momento, elaboraran una red de Modo 1 y

⁶Puede consultarse en el siguiente enlace: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=34975051900>

⁷La bibliografía de las publicaciones utilizadas para esta tarea puede encontrarse en el siguiente enlace (puede ser necesario solicitar acceso a los autores): https://drive.google.com/drive/folders/1Ni2k-UE3N0fNuMXDgDOFJE7b0_UiIEBL?usp=sharing

obtuvieran las medidas de centralidad correspondientes. Seguidamente, se solicitó elaborar una matriz de atributos, incluyendo el año, publicación y cantidad de citas de cada elemento mostrado en el perfil y se preguntó si esta matriz era aplicable a la pregunta anterior. Por último, se consultó que si a juicio de cada uno esta matriz de atributos no era aplicable se tratara de elaborar una nueva red de Modo 1 y se justificara de qué forma lo haría.

Para la primera pregunta, la mayoría de las respuestas refirieron que el itinerario conceptual consiste en una hoja de ruta. La totalidad coincidió en que éste facilita y permite analizar grafos debido a que se puede estructurar la información mediante categorías, lo que ayuda a comprender el origen de las redes, sus conexiones, afinidades e intereses.

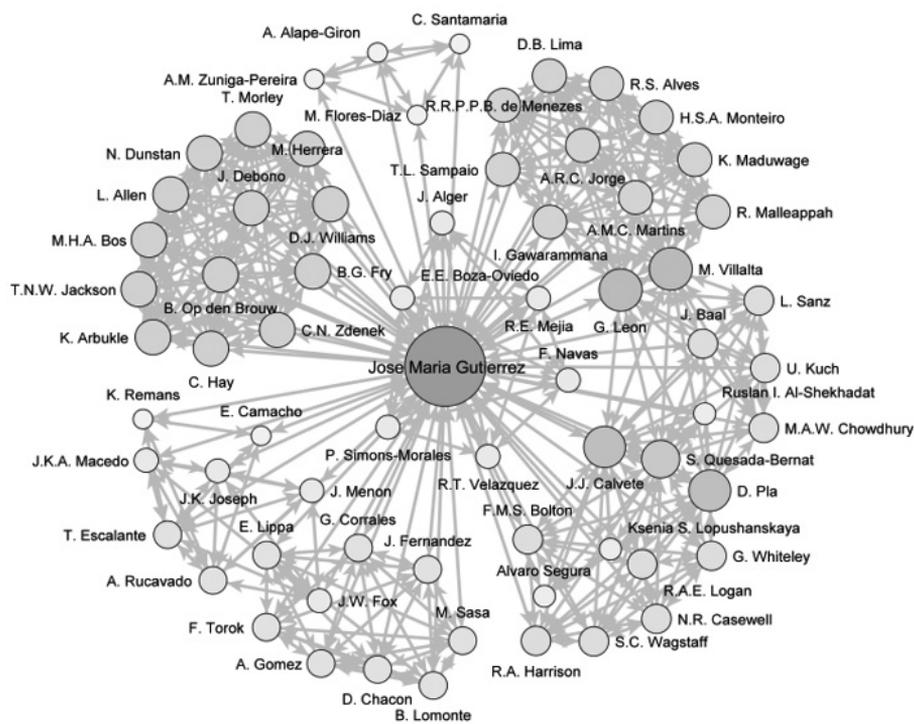
En la segunda pregunta todas las personas concordaron en que las fábulas facilitan el aprendizaje del ARS pues permiten identificar tanto los actores como las relaciones entre ellos. Además, la mayoría indicó que al conocer el contexto de una determinada situación se cuenta con ciertos detalles que facilitan la comprensión de los vínculos presentes y así se puede desarrollar el itinerario conceptual, esto permite determinar qué actores están presentes y si actúan o no dentro del flujo de información de una red y así es posible deducir previamente si un actor va a estar o no articulado a la estructura general de la red.

En la tercera pregunta se presentaron varios planteamientos y dudas. A pesar de que la mayoría coincidía en que la definición de atributo era una sola, para el final del curso aún existía confusión entre lo que se define como un atributo o una característica. Asimismo, estuvo presente la interrogante de si un atributo tiene temporalidad o no, o bien, si es constante o dinámico. Además, se cuestionó si un atributo corresponde a un evento y, por tanto, sería pertinente que en lugar de realizar una matriz de atributos se representaran éstos como nodos de una red de Modo 2, por lo que al momento de finalizar el curso se sugirió reforzar ambos conceptos.

Se preguntó si los atributos son cuantitativos, cualitativos o ambos. A pesar de que se tenía el conocimiento de cómo organizarlos matricialmente y representarlos en un grafo, no hubo un proceso de interiorización con respecto a esto. Adicionalmente, es preciso incorporar el atributo dentro de una categoría con el propósito de darle carácter nominal y poderlo representar dentro de la red. Por lo tanto, el desarrollo de esa capacidad de análisis, de ir más allá de lo visible en una primera aproximación una vez elaborado el grafo, demanda aún un proceso de capacitación y educación continua más profundo.

En la última pregunta se debía elaborar la red de Modo 1 a partir del perfil en la base de datos *Scopus* del Dr. José María Gutiérrez del ICP de la UCR. La representación de esta red se muestra en la figura 4.

•Figura 4. Solución de la Tarea 3



Fuente: Elaboración propia (2020)

En relación con la red de la figura 4 sobresale que su representación se encuentra totalmente centrada en José María Gutiérrez puesto que todos los demás nodos muestran un vínculo hacia él, lo anterior constituye una red personal y esta observación no fue plasmada en ninguna de las respuestas brindadas por las personas que asistieron al curso.

Los vínculos de la red de la figura 4 son bidireccionales pues cada par de actores refleja tener relación uno con el otro, esto es característico de las redes de autores ya que al estar todos mencionados dentro de cada publicación cada uno de ellos tiene relación con los demás. Este detalle tampoco fue mencionado en la solución de ninguna de estas tareas, por lo que se refleja que será necesario realizar un esfuerzo mayor en lo que concierne a la comprensión analítica de las redes de autores y afiliaciones.

En la figura 4 se visualiza el grado de dos formas: por tamaño y por degradación de color. Aquellos nodos más grandes (pequeños) muestran un mayor (menor) grado. De igual forma, aquellos nodos con colores más oscuros (claros) muestran un mayor (menor) grado. La obtención y la exportación en un archivo de hoja

de cálculo de todas las medidas de centralidad solicitadas en esta tarea fue realizado de forma exitosa, al igual que su representación en cada una de las redes elaboradas por el estudiantado.

Sin embargo, no se percibió un esfuerzo por investigar con mayor profundidad pues en todas las respuestas se graficó esta red a partir de la primera información mostrada en el perfil del Dr. Gutiérrez. Al no profundizar, al no descargar los artículos y al no averiguar por completo la totalidad de autores de cada una de las diez publicaciones y sus afiliaciones estas respuestas fueron incompletas y, por tanto, las representaciones de la red fueron incorrectas.

Al ser utilizado el perfil del Dr. Gutiérrez y todos los autores relacionados con él es lógico pensar que todos tengan un vínculo con este autor y todas las relaciones se dirijan hacia él. Al no ser, en un primer acercamiento, el Dr. Gutiérrez el primer autor de algunas de las publicaciones no se visualizaba éste en la lista de autores y, de esta forma, en gran parte de las respuestas no fue considerado en ciertas relaciones al construir la matriz de adyacencia de la red. Debido a esto su visualización de esta red personal mostraba subredes o redes independientes y no articuladas.

En la red de la figura 4 se percibe que el actor con un mayor grado de centralidad es el Dr. Gutiérrez ($C_D=9,38$). Además, destacan también, tanto por tamaño como por color, los nodos correspondientes a G. León y M. Villalta ($C_D=2,66$, cada uno) y, en un tercer lugar, el investigador J. J. Calvete ($C_D=2,52$), siendo estos los nodos que cuentan con una mayor cantidad de actores articulados hacia sí.

Este comportamiento se repite de igual manera para las demás medidas de centralidad solicitadas. El Dr. Gutiérrez sobresale como el que presenta una mayor mediación ($C_B=94,53$), siendo el nodo que tiene una mayor jerarquía dentro de la red. Destacan, de igual forma, G. León y M. Villalta con un valor de $C_B=1,21$ y, en tercer lugar, J. J. Calvete ($C_B=1,16$).

La figura 4 muestra una ego-red en donde la proximidad vista tanto como grado de entrada o grado de salida muestra la misma tendencia que el grado y la mediación. Es claro que José María Gutiérrez es el nodo con mayor proximidad ($D_I=2,69$), de modo que es el actor hacia el cual llega la mayor cantidad de información dentro de la red (grado de entrada) como también aquel del cual fluye la mayor cantidad de información hacia otros nodos (grado de salida). En una segunda posición, este comportamiento se observa tanto en G. León como en M. Villalta ($D_I=1,57$) y, en un tercer lugar, en J. J. Calvete ($D_I=1,56$).

A pesar de que todos fueron capaces de obtener las medidas de centralidad correspondientes a sus redes, no realizaron un análisis conciso posterior a su obtención. Debido a esto, surge la duda de si hubo una comprensión adecuada de cómo poder aplicar el ARS tanto a la Bibliotecología como a los Estudios Métricos de la Información.

Posteriormente, la elaboración de una matriz de atributos, incluyendo el año, publicación y cantidad de citas acorde con la información presente en el perfil del Dr. Gutiérrez no resultó ser aplicable a una red de Modo 1, según los estudiantes del curso. Sus respuestas fueron correctas debido a que estos atributos son aplicables a las publicaciones en sí mismas y no a los autores (nodos) de la figura 4.

En la solución de la última pregunta de esta tarea la matriz de atributos no era aplicable para realizar una nueva red de Modo 1, por lo cual no hubo forma de justificar que ésta pudiera construirse. Al realizar una matriz de adyacencia de atributos para la construcción de una nueva red se aprecian dos cosas: la primera es que todos los artículos se van a relacionar entre sí y la segunda es que todos fueron publicados en el mismo año (2019), por lo que no se hace necesario representar este atributo. Por tanto, sólo habría que representar dos atributos en una red en la que todos los actores tienen relación. De modo que es más sencillo responder a esta pregunta de otra manera. Como profesores del curso e investigadores de este estudio de caso se consideró que una forma prudente de contestar a esta interrogante es mediante un cuadro, tal como se muestra a continuación:

• **Cuadro 1.** Matriz de Atributos de la Solución de la Tarea 3

Artículo	Año de publicación	Publicación	Cantidad de citas
Pla <i>et al.</i>	2019	Journal of Proteomics	0
Zdenek <i>et al.</i>	2019	Toxicology in Vitro	4
Villalta <i>et al.</i>	2019	Toxicon	0
Camacho, Escalante, Remans, Gutiérrez y Rucavado	2019	Biochemical and Biophysical Research Communications	2
Macedo <i>et al.</i>	2019	Toxins	1
Lippa <i>et al.</i>	2019	Journal of Proteomics	5
Whiteley <i>et al.</i>	2019	Journal of Proteomics	7
Al-Shekhadat <i>et al.</i>	2019	Toxicon	1
Zúñiga-Pereira, Santamaría, Gutiérrez, Alape-Girón y Florez-Díaz	2019	Toxins	2

Nota: Este cuadro se realizó con base en el año de publicación y frecuencia de citas.

Fuente: Elaboración propia (2020)

En el cuadro 1 se aprecia que varios de los artículos fueron publicados en la misma revista científica, ejemplo de ello es que Pla *et al.* (2019), Lippa *et al.* (2019) y Whiteley *et al.* (2019) fueron publi-

cados en el *Journal of Proteomics*; Villalta *et al.* (2019) y Alger *et al.* (2019) en la revista *Toxicon*, y Macedo *et al.* (2019) y Al-Shekhadat *et al.* (2019) fueron publicados en *Toxins*. Esta información es de fácil sistematización debido a que no es muy extensa y se puede simplificar en pocas categorías. Por esta razón, se consideró que esta información no ameritaba la construcción de una base de datos y tampoco era prudente el uso del ARS.

A pesar de ello, en todas las respuestas se graficó una red, por lo que se incurrió en errores previamente mencionados. Aunque la totalidad del estudiantado logró construir matrices de adyacencia, visualizar redes y obtener medidas de centralidad, la gran mayoría no logró desarrollar una capacidad profunda de análisis en el momento de aplicar esta herramienta. Por lo tanto, es necesario incidir con mayor rigurosidad en este aspecto en el momento de enseñar estos temas, por lo que merece una mayor consideración.

Para llevar a cabo este tipo de procesos se podría partir de conocer las categorías necesarias para la elaboración de la red. Según señala la Organización Mundial de la Salud (*World Health Organization* [WHO], 1998), estos son conceptos que se han ido quedando atrás como parte de que las condiciones de vida son el entorno cotidiano de las personas, éstas son producto de las circunstancias sociales y económicas y del entorno físico, todo lo cual puede ejercer impactos al estar, en la mayor parte de los casos, fuera del control inmediato del individuo. En estos contextos se van consolidando redes de actores que presentan atributos y características propias de ese medio; se impacta en la forma de comportamientos, costumbres e intereses y se establecen pautas en la construcción de la red.

Es importante hacer una distinción entre característica y atributo pues éste fue un punto de difícil comprensión por parte de los estudiantes. Una característica trata sobre la posición estructural de los actores dentro de una red y, al mismo tiempo, permite plantear hipótesis que se demuestran o no mediante el uso de los atributos (Velázquez y Marín, 2007).

Sobre esta misma línea, Borgatti, Everett y Johnson (2018) refieren que las características de cada uno de los nodos representan la mitad de la historia. Además, detallan que los atributos son la variable dependiente de cada nodo dentro de la red y que la esencia del ARS consiste en relacionar estos atributos.

En la última tarea de este curso se distinguen ambas nociones. El hecho de que el Dr. Gutiérrez se encuentre en el centro de la red como el nodo central remite a la definición de característica. En contraposición, las distintas afiliaciones, los temas tratados en las publicaciones y los motivos que llevan a que exista un vínculo entre investigadores es lo que conduce a la noción de atributo.

El último ejercicio presencial realizado en clase tuvo un resultado exitoso. En él fue posible interiorizar el concepto de categoría según cuántos pertenecen a su misma rama y cuán-

tos se relacionan con ellos a partir de un interés en común. Se pudo observar cómo se pierde el actor central cuando se está o no se está presente y cómo al incluirse éste se recupera, así la red se convierte en una red egocéntrica. Este último concepto fue uno de los que mejor fue comprendido por parte de quienes llevaron el curso.

Esta capacidad de ordenar la información en categorías para poder a la postre desarrollar una red permite analizar las hipótesis de forma distinta. Como señala Correa (2018), el itinerario categorial representa una construcción de pensamiento que puede indicar nodos de encuentros académicos, nodos de intercambios y espacios de mayor o menor articulación. Estas redes generan o provocan efectos que se pueden describir y a la vez representan el rastro que dejan las personas en movimiento, en el construir de sus historias de vida.

Esto permitió mostrar la fortaleza de la TA-R y el ARS como herramientas complementarias a la Bibliotecología. El poder relacionar investigadores, publicaciones, centros de investigación, temáticas y afiliaciones ofrece un nuevo panorama. De esta forma, es posible contar con nuevos insumos para analizar un determinado contexto no sólo circunscrito a un área de estudio y/o trabajo sino que también conduce a expandirse a otras disciplinas. Es bien conocido que actualmente el ARS se está aplicando en muchas otras áreas, tales como las enfermedades vectoriales, la meteorología, la política pública, las tecnologías en salud y la agronomía (Sánchez, Barboza y Vásquez, 2018; Calvo y Alfaro, 2018; Segura, 2019; Calvo, Álvarez, Chamizo y Herrera, 2019).

Experiencias como ésta pueden ser pioneras en la inclusión de nuevas herramientas en la malla curricular de diversas disciplinas y en procesos de formación continua, permitiendo así no sólo abordajes distintos de nuevas preguntas de investigación sino también la convergencia de diversos aportes por medio de la creación de equipos multi-, inter- y transdisciplinarios; esto es clave para el desarrollo de nuevos procesos educativos.

Discusión

Dentro de los intereses particulares que han tomado fuerza durante los últimos años en el campo de la Bibliotecología se encuentran los estudios de publicaciones, afiliaciones y redes de investigación. Según lo expuesto tanto en el curso como en el desarrollo de este estudio de caso puede observarse que la TA-R brinda un marco conceptual adecuado para determinar cómo se relacionan las publicaciones científicas, cómo se vinculan los actores y cómo es el proceso de construcción de redes temáticas de investigación.

Se considera importante y se propone que tanto la TA-R como el ARS sean parte fundamental de la malla curricular, los planes de estudio y las opciones de educación continua de las distintas

carreras universitarias pues ambas herramientas pueden contribuir a la solución de distintos problemas específicos de cada disciplina. En medio de una crisis tal como la del COVID-19, o bien, sobre la transmisión de enfermedades vectoriales, este abordaje aplicado a equipos de investigación y publicaciones puede aportar indicios de su dinámica de transmisión o sobre las líneas de investigación de la comunidad científica en torno al tema.

El uso de la T-AR y el ARS en el análisis de publicaciones e investigadores permite definir una agenda y ayuda construir las estrategias adecuadas ante el tratamiento de una situación de gran trascendencia como lo es la pandemia del SARS-CoV-2. En un evento de esta índole, la Bibliotecología puede realizar aportes considerables al analizar, por ejemplo, cuáles son los temas prioritarios, o bien, identificar cuáles actores tienen mayor influencia en sus equipos de trabajo al tiempo que buscan dar soluciones prontas y oportunas a la población ante esta u otra situación adversa.

Conclusiones

Sobre el curso impartido destacan diversos puntos, todos a partir del progreso de los estudiantes y de las respuestas que brindaron en cada uno de los ejercicios asignados. Una primera conclusión es que desarrollar e impartir un curso orientado a la enseñanza de la TA-R y el ARS demanda un tiempo considerable. Si bien este curso consistía en una introducción al tema, sus conceptos son complejos y un espacio de una semana (20 horas) no fue suficiente para una apropiada comprensión del conocimiento y una adecuada adquisición de habilidades en una gran parte de quienes asistieron a las sesiones, esta fue la principal limitación de este ejercicio.

Se concluye también que una segunda parte de este proceso de enseñanza-aprendizaje sobre el tema de redes debe de centrarse en crear capacidad de análisis. Si bien es cierto que al final de la semana el estudiantado logró visualizar sus redes de interés, en muchos de los casos no fue posible obtener conclusiones a partir de ellas. Preguntas tales como: ¿qué situaciones se visualizan por medio de la red?, ¿por qué hay presencia de grupos o clústeres de nodos y qué representan?, ¿por qué hay nodos que están dentro de la red pero no se articulan con ningún otro nodo?... son ejemplos de preguntas que sólo se resolvieron parcialmente. Una lección aprendida por los autores de este estudio de caso es que, en una futura experiencia similar, debe existir un balance entre la enseñanza de los conceptos y la realización de ejercicios que promuevan la capacidad analítica del estudiantado.

Finalmente, se hace un llamado a continuar utilizando este marco teórico y metodológico en la Bibliotecología debido a que aplicar estos insumos a redes de publicaciones, afiliaciones y equipos de investigación permite visualizar distintas tendencias

e intereses. Además, el desarrollo de procesos de formación continua en este tema puede servir de insumo para la toma de decisiones por parte de autoridades académicas y científicas sobre cuáles son los problemas prioritarios por resolver en el corto, mediano y largo plazo, al tiempo que muestra hacia dónde dirigir los distintos procesos de investigación en torno a este u otros temas de diverso interés.

Agradecimientos

Los autores de este trabajo agradecen a la UCR por facilitar el desarrollo de esta investigación en el marco del proyecto ED-3009: Actividades de Capacitación para profesionales en el campo de la Bibliotecología.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- Aguado, E., Rogel, R., Garduño, G., Becerril, A., Zúñiga, M. y Velázquez, A. (2009). Patrones de colaboración científica a partir de redes de coautoría. *Convergencia, Revista de Ciencias Sociales*, Núm. Esp. IA, 225–258.
- Arellano, A. (2015). ¿Puede la noción Foucaultiana de dispositivo ayudarnos a eludir los resabios estructuralistas de la teoría del actor-red para avanzar en el estudio de la investigación tecnocientífica? *Redes*, 21(41), 41–74.
- Barrantes, R. (2002). *Investigación: Un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo*. EUNED.
- Borgatti, S., Everett, M. y Johnson, J. (2018). *Analyzing Social Networks* (Segunda edición). SAGE. En https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id=XD1ADwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&ots=uBjPq8CFyN&sig=bCQ_wW7N6T7vs08fpaPmUrAV38c#v=onepage&q&f=false
- Calvo, O. y Alfaro, E. (2018). Importancia del alcance en redes del CIGEFI-UCR: Un estudio de los datos, según las publicaciones realizadas en los períodos entre 1979-2015. *e-Ciencias de la Información*, 8(2), 3–20. En <https://doi.org/10.15517/eci.v8i2.30378>
- Calvo, O., Álvarez, B., Chamizo, H. y Herrera, F. (2019). Factores de riesgo asociados a alteraciones musculoesqueléticas en la agricultura familiar: Una revisión bibliográfica. *Perspectivas Rurales. Nueva época*, 17(34), 103–123. En <https://doi.org/10.15359/prne.17-34.5>

- Castells, M. (1996). *The Information Age: Economy, Society and Culture: Volume I: The Rise of the Network Society*. Blackwell Publishers Inc.
- Chavarría, D. (2020). Colaboraciones académicas y balance general de la producción historiográfica en temas de ciencia, tecnología y medio ambiente en Costa Rica. *Diálogos Revista Electrónica de Historia*, 21(1), 95–116. En <https://doi.org/10.15517/dre.v21i1.39732>
- Coll, C., Rochera, M., Mayordomo, R. y Naranjo, M. (2007). Evaluación continua y ayuda al aprendizaje. Análisis de una experiencia de innovación en educación superior con apoyo de las TIC. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 5(3), 783–804.
- Correa, C. (2018). *Itinerarios categoriales en el desarrollo de marcos teóricos y epistémicos. Percepciones sobre la investigación en Ciencias Sociales* (Segunda edición). Editorial Octaedro.
- De Federico de la Rúa, A. (2008). Análisis de redes sociales y trabajo social. *Portularia*, VIII(1), 9–21.
- Díaz, R. y Calvo, O. (2019). Instituciones científicas y redes sociales en Costa Rica: El Instituto Físico-Geográfico Nacional (1889-1943). En *La Reforma Universitaria de 1918 y la ciencia argentina: XIX Jornadas de Historia de la Ciencia: Actas* (pp. 79–105). FEPAI.
- Freeman, L. (1978/79). Centrality in Social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. En [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Gorbea, S. (1994). Principios teóricos y metodológicos de los estudios métricos de la información. *Investigación Bibliotecológica*, 8(17), 23–32.
- Jiménez, V. (2012). El estudio de caso y su implementación en la investigación. *Rev. Int. Investig. Cienc. Soc.* 8(1), 141–50.
- Kivelä, M., Arenas, A., Barthelemy, M., Gleeson, J., Moreno, Y. y Porter, M. (2014). Multilayer networks. *Journal of Complex Networks*, 2, 203–271. En <https://doi.org/10.1093/comnet/cnu016>
- Molina, J., Muñoz, J. y Domenech, M. (2002). Redes de publicaciones científicas: Un análisis de la estructura de coautorías. *Redes - Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 1(3), 1–15. En <https://doi.org/10.5565/rev/redes.29>
- Sánchez, F., Barboza, L. y Vásquez, P. (2018). *Parameter estimates of the 2016-2017 Zika outbreak in Costa Rica: An Approximate Bayesian Computation (ABC) Approach*. En <https://arxiv.org/abs/1812.09263>
- Sánchez, P., Ramos, F. y Sánchez, J. (2014). Formación continua y competencia digital docente: El caso de la comunidad de Madrid. *Revista Iberoamericana de Educación*, 65, 91–110.
- Sanz, L. (2003). Análisis de Redes Sociales: O como representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 21–29.
- Segura, R. (2019). *Las reformas fiscales en Costa Rica: Análisis del período 1990-2014*. ICAP.
- Tyner, K., Gutiérrez, A. y Torrego, A. (2015). “Multialfabetización” sin muros en la era de la convergencia. La competencia digital y “la cultura del hacer” como revulsivos para una educación continua. *Profesorado: Revista de currículum y formación del profesorado*, 19(2), 41–56.
- Velázquez, A. y Marín, L. (2007). El valor agregado de las redes sociales: Propuesta metodológica para el análisis del capital social. *Redes - Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 13(5), 1–20.
- Verd Pericás, J. (2005). El uso de la teoría de redes sociales en la representación y análisis de textos. De las redes semánticas al análisis de redes textuales. *EMPIRIA. Revista de Metodología de Ciencias Sociales*, 10, 129–150.
- WHO. (1998). *Promoción de la salud: Glosario*. Organización Mundial de la Salud (OMS). En <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67246>

Ejercicio de observación participativa para fomentar vocaciones y competencias científicas en la Universidad Tecnológica de Altamira

Mireya del Socorro Ovando-Rocha
Universidad Tecnológica de Altamira, México
Felipe Caballero-Briones
Instituto Politécnico Nacional, México

Resumen

Se invitó a estudiantes de quinto cuatrimestre de la carrera de Técnico Superior Universitario (TSU) en Química Industrial de la Universidad Tecnológica de Altamira a realizar una estancia en el CICATA Altamira para realizar un proyecto de investigación en el que aplicaron los conocimientos adquiridos en las áreas de Ciencias y de Tecnologías. Se describen el desarrollo de la investigación y los resultados obtenidos, así como las conclusiones en términos del aporte de la estancia a la formación y perspectiva profesional de los estudiantes involucrados, evaluadas a través de un cuestionario y del método de observación participativa. Se demostró que la inmersión teórica y práctica en un proyecto de investigación que los alumnos indicaron como pertinente para solucionar problemas concretos, llevó a la adquisición de nuevos conocimientos y habilidades y al interés en desarrollar las etapas profesionales en un centro de investigación, como primer paso a una probable carrera científica.

An exercise of participative observation to foment scientific vocations and competences in the Technological University of Altamira

Abstract

Students of the fifth quarter period from the Industrial Chemistry University Senior Technician (UST) of the Technological University of Altamira, were invited to do a stay at the CICATA Altamira to perform a research project in which the students applied the knowledge from the Science and Technologies areas. The research development and the obtained results were described, as well as the conclusions in terms of the benefits of the stay provided to the formation and professional perspective of the involved students, evaluated through a questionnaire and the method of the participative observation. It was demonstrated that the theoretical and practical immersion in a research project which the students identified as pertinent to solve concrete problems, lead to the acquisition of new knowledge and skills and to the interest into the Professional Stays in a research center, as a first step to an eventual scientific career.

Palabras clave

Alfabetización científica; competencias científicas; observación; técnico superior universitario; vocaciones

Keywords

Scientific alphabetization; scientific competences; higher university technician; observation; vocations.

Recibido: 18/05/2020
Aceptado: 07/03/2022

1. Introducción

Las Universidades Tecnológicas forman parte de los Sistemas Estatales de Educación y del Sistema Nacional de Universidades Tecnológicas; imparten programas para la formación de técnicos superiores universitarios, licenciados e ingenieros con especial vinculación con los sectores público, privado y social de las comunidades en las que se instalan (UT Altamira, 2020a). Su modelo educativo contempla dos salidas profesionales con títulos oficiales: la de Técnico Superior Universitario la que se obtiene tras cinco cuatrimestres lectivos y uno de estadía empresarial, y su continuidad para obtener el título de ingeniero o licenciado, tras otros cuatro cuatrimestres lectivos y una segunda estadía empresarial (UT Altamira, 2020b). En la Universidad Tecnológica de Altamira se ofrecen actualmente nueve carreras de técnico superior universitario, dos licenciaturas y cinco ingenierías (UT Altamira, 2020a).

El programa de estadías tiene como objetivo que el alumno participe durante un cuatrimestre en un proyecto profesional o en actividades de investigación en una empresa o institución con un perfil que complemente su formación. En este cuatrimestre, un profesor de la Universidad funge como asesor interno del alumno y un profesionista de la empresa o institución donde se realiza la estadía, como asesor externo.

Otra modalidad formativa del sistema de Universidades Tecnológicas son las visitas industriales, cuyo objetivo es acercar a los alumnos al entorno laboral y a sus diversas actividades. Estas visitas se realizan en acuerdo con la planeación y orientación de los académicos, asesores y los directores académicos.

1.1. Técnico superior universitario en Química Área Industrial

De acuerdo con el Análisis Situacional del Trabajo de la carrera, el TSU en Química desarrollará, entre otras, las siguientes competencias profesionales, que “permiten al técnico superior universitario desarrollar actividades en su área profesional, adaptarse a nuevas situaciones, así como transferir, si es necesario, sus conocimientos, habilidades y actitudes a áreas profesionales próximas” (UT Altamira, 2020c).

Competencias genéricas:

- Plantear y solucionar problemas con base en los principios y teorías de física, química y matemáticas, a través del método científico para sustentar la toma de decisiones en los ámbitos científico y tecnológico.

Competencias específicas:

- Coordinar la operación de laboratorios de análisis químicos, mediante procedimientos técnicos y administrativos establecidos, apegados a la normatividad vigente, para proporcionar información confiable en la toma de decisiones y contribuir a la optimización de procesos.
- Coordinar la transformación de materias primas a través de la aplicación de los procesos fisicoquímicos y termodinámicos para la obtención de productos químicos, petroquímicos, alimentos y farmacéuticos.
- Dentro del plan de estudios de la carrera de TSU en Química área Industrial del Sistema de Universidades Tecnológicas, en los cuatrimestres 3° y 5° se cursan las asignaturas Integradoras I y II en las áreas de Ciencias Básicas Aplicadas y de Formación Tecnológica, respectivamente. El objetivo de estas asignaturas es conjuntar los conocimientos adquiridos por el educando al final de cada área de Ciencias o de Tecnología. La evaluación de esta asignatura suele consistir en que los alumnos se organizan en equipos y realizan un proyecto relacionado con su carrera.

2. Planteamiento del problema e hipótesis de trabajo

En los períodos de estadías de los programas de TSU en Química Industrial y de Ingeniería Química, los alumnos de la Universidad Tecnológica de Altamira han participado en varios de los proyectos de investigación vigentes en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) Unidad Altamira del Instituto Politécnico Nacional, situado a tres kilómetros de la Universidad. El CICATA Altamira cuenta con los Programas de Maestría y Doctorado en Tecnología Avanzada, ambos pertenecientes al Padrón Nacional de Posgrados de Calidad del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y que, por tanto, ofrecen becas de una cuantía comparable o superior al salario de la región para profesionistas recién egresados, pero la experiencia ha demostrado que pocos alumnos de la Universidad que realizan estadías de Ingeniería o de TSU se han quedado a realizar el posgrado que ofrece el CICATA. En palabras de los propios estudiantes, prefieren salir a trabajar por presiones familiares o sociales, porque consideran que realizar estudios de posgrado es una salida que se toma solamente cuando se ha fracasado en conseguir un trabajo “de verdad” en la industria petroquímica de la región. Esta percepción de la carrera científica ha persistido pese a que se fomenta la participación de los estudiantes de estadías en congresos, se llevan conferencias a la Universidad, se reciben visitas de alumnos de varias carreras

a los laboratorios del CICATA y se participa en proyectos de investigación conjuntos entre profesores del CICATA y la Universidad, en los que participan alumnos de TSU, ingenierías y posgrado. Actualmente no se ha hecho un estudio que analice el punto de vista de los estudiantes involucrados en estos proyectos y tampoco se ha hecho una observación de su desempeño bajo supervisión del asesor interno y externo, más allá de los comentarios que se plasman en las evaluaciones de las estadías.

La hipótesis bajo la cual se llevó a cabo esta experiencia es que en este punto de su formación, los alumnos de TSU en Química Industrial se encuentran en un momento excelente para iniciar el contacto con la investigación en Ciencia y Tecnología de Materiales y que un medio para fomentar su vocación y competencias científicas era plantearles un proyecto de investigación relacionado con la energía y el medio ambiente, en el que puedan darse cuenta que su perfil los capacita no solamente para desempeñarse profesionalmente en el área industrial sino también perfilarse hacia la carrera científica y resolver problemas concretos y de interés para la sociedad. La observación intencionada de los supervisores de la estancia es parte fundamental del diagnóstico.

3. Objetivo del trabajo

Como parte de la colaboración entre la UT Altamira y el CICATA, se ha propuesto fomentar las vocaciones y competencias científicas de los estudiantes de la Universidad por medio del acercamiento temprano de los alumnos al campo de la investigación, incorporándolos a proyectos vigentes del CICATA Altamira en las etapas de las asignaturas integradoras, para que los alumnos perciban la pertinencia y aplicabilidad de su formación académica al ámbito de la investigación científica, esto es, que se “alfabeticen científicamente” según el concepto descrito por Villaruel-Fuentes *et al.* (2017).

En el Grupo de Materiales y Tecnologías para Energía, Salud y Medio Ambiente (GESMAT) del CICATA Altamira, se realiza investigación básica y aplicada que incluye el desarrollo y aplicación de materiales para aplicaciones que van desde materiales adsorbentes, fotocatalíticos, supercapacitores, fotovoltaicos, termoeléctricos, entre otros, para lo que el perfil de los TSU en Química es muy pertinente según las competencias de esta carrera.

El presente trabajo es el resultado de la experiencia de un equipo de 6 alumnos del quinto cuatrimestre de la carrera de TSU en Química del área Industrial de la Universidad Tecnológica de Altamira, que realizaron su proyecto de Integración en una estancia de seis semanas en los laboratorios del GESMAT en CICATA Altamira. El proyecto que se le planteó a los alumnos fue obtener y caracterizar carbones activados a partir de borra de café para aplicarlos en remediación ambiental para adsorber metales y colorantes, y en almacenamiento de energía en supercapacitores.

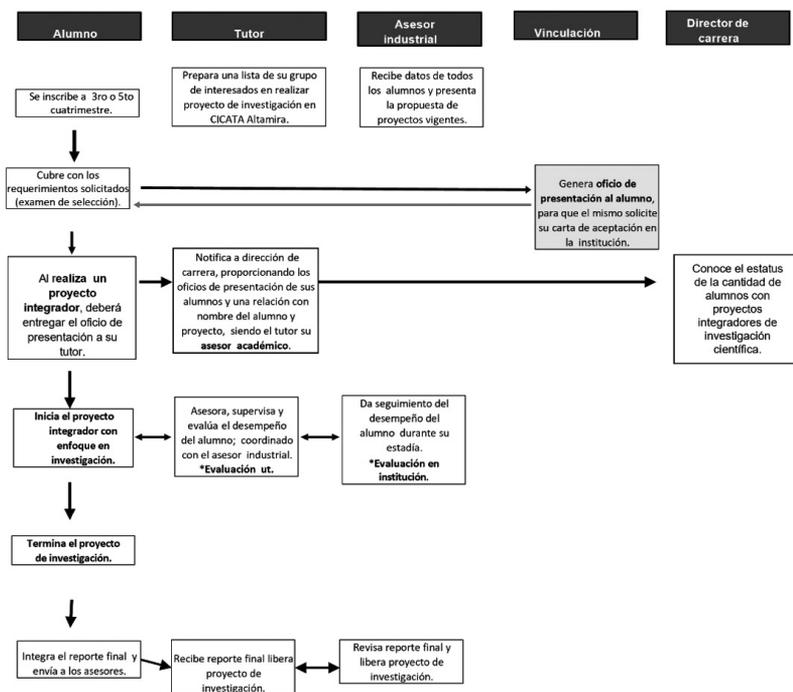
La presente contribución presenta la organización y desarrollo de la experiencia de la estancia de investigación; los antecedentes científicos, metodología, resultados experimentales y conclusiones obtenidos del proyecto; y se concluye con una reflexión sobre el proceso y actividades de los alumnos en el laboratorio, las dificultades que encontraron y sus perspectivas de futuro profesional, y su mirada hacia la carrera científica a través del análisis de un cuestionario aplicado a los alumnos participantes.

4. Metodología del trabajo

Los alumnos que llevaron a cabo este trabajo fueron invitados a participar en el proyecto de obtención de carbones activados, para evaluar la asignatura Integradora II. Los alumnos fueron identificados por la tutora de la Universidad como aquellos con curiosidad por realizar un trabajo con mayor trascendencia que “reciclar algún trabajo previo” o “realizar un experimento en el laboratorio escolar”, como manifestaron en el cuestionario final los alumnos. En la figura 1 se muestra una guía rápida desarrollada para el proceso de selección y seguimiento de los alumnos invitados al ejercicio de observación participativa para el fomento de vocaciones y competencias científicas, seguido en CICATA Altamira y la Universidad Tecnológica de Altamira.

• **Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de selección de alumnos para el trabajo de fomento de vocaciones y competencias científicas

Guía rápida para el fomento de vocaciones y competencias científicas.



La primera semana se les pidió realizar una revisión bibliográfica del tema y presentar una exposición ante el grupo de investigación en CICATA Altamira. Se les dio una guía de los puntos que debería contener la exposición y se les enviaron algunos artículos y otros materiales publicados sobre el tema. El propósito fue que los alumnos tuvieran el antecedente directo del proyecto que iban a desarrollar. En la exposición participaron todos los alumnos y se sometieron a las preguntas del equipo de investigación conformado por dos doctores, una maestra en ciencias y alumnos de doctorado, maestría y licenciatura que desarrollan diversos temas. En esta sesión se aclararon puntos que no habían quedado bien definidos en la exposición. La exposición realizada por los alumnos mostró un nivel de “alfabetización científica” similar (Villarruel-Fuentes *et al.*, 2017). Se observó en todos los casos familiaridad con temas avanzados y manejo de lenguaje científico, mezclada con algo de “ciencia popular” y varias imprecisiones de conceptos y de lenguaje. El objetivo del seminario de grupo es precisamente reducir estas brechas en los integrantes del equipo y procurar un nivel homogéneo y, sobre todo, fomentar el análisis crítico de la información tanto en exposiciones como en artículos, este seminario está integrado principalmente por estudiantes de posgrado (maestría y doctorado) e investigadores de CICATA Altamira con la inclusión de los alumnos de la Universidad Tecnológica de Altamira que realizan estadias profesionales y estancias de investigación cortas. Las sesiones del seminario se realizan una vez por semana y tiene una duración de una hora, de la cual el ponente cuenta con 35 a 40 minutos para su exposición y el tiempo restante para responder preguntas del cuórum.

Para la elaboración del estado del arte del proyecto de investigación realizado por los alumnos se sugirió a los estudiantes un grupo de palabras clave y artículos escogidos después de la primera exposición ante el grupo. Se observó que los alumnos aprovecharon fuentes científicas como revistas internacionales en español e inglés, aunque en algunos casos, también utilizaron sitios de internet. Del texto redactado se infiere que los alumnos se encuentran en proceso de aprender a elaborar el resumen de lo leído para extraer lo más relevante de cada artículo, de mejorar la redacción y desarrollar la ilación de las ideas para llevar al lector hacia la hipótesis necesaria y al objetivo del tema de investigación. Otra cuestión es que falta aún familiaridad con los formatos que se manejan para las referencias y cómo colocarlas en el texto de manera uniforme. La redacción del estado del arte ya fue editada por los tutores para mayor claridad.

Posteriormente se separaron algunos de los artículos, todos ellos en idioma inglés y se definió la metodología a seguir para la preparación de los materiales y se delimitó el objetivo y el alcance del trabajo. Las actividades de laboratorio se llevaron a cabo durante seis semanas, en las cuales se escalonaron las asistencias al CICATA

en dependencia con las actividades de los participantes (cursos, exámenes, etcétera). En promedio cada participante acudió 4 horas al día de lunes a viernes. El trabajo de laboratorio se distribuyó entre los participantes una vez realizada una reunión con el tutor de CICATA para acordar los procedimientos a seguirse. Las sesiones de caracterización de materiales se realizaron con la presencia del tutor de CICATA y se procuró que el responsable de cada equipo utilizado (difracción de rayos X y espectroscopia de infrarrojos por transformada de Fourier) explicara el funcionamiento del aparato, complementándose con una discusión sobre el fundamento de cada técnica. El reporte final se redactó en equipo y se sometió a las correcciones de la tutora de la Universidad y del de CICATA Altamira y se expuso nuevamente ante el grupo de investigación. La segunda exposición que realizaron los estudiantes ante el grupo de investigación reflejó un incremento en su capacidad para conducirse en público, manejar la información con un lenguaje más preciso y responder a los cuestionamientos que se les hicieron.

Al final del trabajo se aplicó a los estudiantes un cuestionario dividido en cuatro áreas: Formación Previa; Desarrollo del Proyecto; Conocimiento de la Investigación; Futuro Profesional para evaluar cualitativamente el impacto de la estancia de trabajo en la formación profesional y el eventual interés de los estudiantes en la investigación como opción profesional. Se incluyen además las observaciones de los tutores sobre la evolución de los estudiantes durante el desarrollo del proyecto de investigación, como parte del método de observación participativa descrito por Kawilch (2005).

5. Reporte del proyecto de investigación realizado por los alumnos

El reporte completo que los alumnos presentaron al final del proyecto se encuentra disponible como *preprint* en el repositorio electrónico de ResearchGate de los autores de este manuscrito (Bautista-Hernández *et al.*, 2020). La presentación y discusión de los resultados se editó parcialmente para mejor comprensión, pero el texto entre comillas corresponde a la redacción original para mostrar el nivel de redacción y análisis de los alumnos. En *itálicas* se pone énfasis en las expresiones coloquiales o imprecisas que suelen usar los alumnos al explicar algo, y en *negritas* el comentario acerca de las expresiones indicadas que pertenecen al presente trabajo de investigación y no al proyecto que realizaron los alumnos. Al final de esta sección se hacen algunas reflexiones sobre el proceso que se observó en los alumnos al presentar y discutir los resultados.

“Se puede observar que el espectro de la borra del café *es totalmente distinto* al de las muestras ya carbonizadas y tratadas, es ellas no se muestra la misma cantidad de grupos funcionales,

además, la humedad (agua) se ha eliminado de su estructura, y *se muestra mayormente* la presencia del carbono en la estructura de los carbones obtenidos.” Uso de adverbios de cantidad que expresan con imprecisión la magnitud de lo que se observa.

“Se observa que hay una gran diferencia entre cada una de las áreas obtenidas, donde la mayor área proviene de los carbones obtenidos por activación física (blancos), ya que estos resultaron ser carbones muy finos, y por lo tanto abarcan mayor área, pero enfocándonos en las activaciones por método químico, *nos damos cuenta* de que existe una mayor área cubierta por el carbón activado con KOH. También *podemos observar* que en ambos lotes del $ZnCl_2$ existe una absorbancia menor, *lo cual nos hace decir* que el carbón activado con $ZnCl_2$ tiene una mayor [capacidad de] absorción [de Cr (VI)].” Uso de la primera persona del plural en vez del impersonal para referirse al trabajo o sus hallazgos.

“En ambas lecturas se puede observar que en los blancos de ambos lotes [muestras de borra activadas térmicamente] se presenta una absorbancia mayor a la presentada por el blanco de reactivo, esto *nos hace formular la hipótesis acerca a que esto se presenta debido* a la presencia de partículas más finas de carbón que hacen interferencia al momento de la lectura en el fotómetro.” Falta de concisión en las frases, uso de demasiadas palabras.

“*Podemos* apreciar, en las imágenes del lote 2 con respecto a las del lote 1, el que existe una estructura más uniforme entre cada grano, con lo que *podríamos decir* que esto se presenta debido a las *diferencias de temperaturas proporcionadas* en cada uno de los lotes, y que es el efecto de la temperatura *lo que se hace presente* en su morfología.” Uso de la primera persona del plural en vez del modo impersonal; imprecisión de concepto: la temperatura no se “proporciona”; uso de expresiones hechas: “lo que se hace presente”.

“Como consecuencia de la experimentación llevada a cabo *concluimos que el carbón activado es muy versátil, pues tiene muchos campos de trabajo en el que su aplicación es útil.*” Argumento tipo “dona”, el concepto a demostrar empieza donde termina.

“La determinación de las áreas específicas de las muestras obtenidas se llevó a cabo con la absorción del azul de metileno mediante, en éste agregábamos azul de metileno hasta saturar los carbones y con el volumen gastado de solución obtuvimos las áreas específicas, *siendo el KOH el carbón activado que mejores resultados tuvo.*” Atribución de grados relativos a los resultados; no hay “mejores” resultados sin haber una meta previa a alcanzar.

“El carbón obtenido por medio del activador $ZnCl_2$ fue el que se encontró más apto para su utilización en la sanitización de aguas, *la cual fue uno de los enfoques en primera instancia*, esto se propone a partir de los resultados observados en la absorción de dicromato de potasio, *en dicha prueba el carbón activado por medio del activante antes mencionado destacó en comparación al carbón activado con KOH y la borra del café solo carbonizada.*” Construcción confusa de las frases.

“Al comparar los lotes obtenidos podemos apreciar *una pequeña pero ventajosa diferencia* del lote 1 con el lote 2, esto lo relacionamos con las condiciones en que fueron activados los carbones, *se pueden observar las diferencias en las áreas específicas con la que se concluye que el lote 1 es mejor en este aspecto.*” No se toma en cuenta el concepto de diferencias significativas. Conclusiones correctas pero demasiadas palabras.

“*El aspecto del lote 2 tomo la ventaja en el aumento por 100 que se le proporciono para su mejor apreciación.*” Frases ininteligibles armadas con frases hechas.

“De acuerdo con los objetivos planteados desde el inicio se concluye que: Para el uso en supercapacitores, *se encuentra más apto* el carbón activado con KOH, debido a su mayor área superficial. Para el uso *en cuestiones ambientales* (saneamiento de agua), se encuentra con mejores resultados el carbón activado con $ZnCl_2$ debido a su mayor absorción para metales pesados.” Análisis correcto de los resultados con respecto a los objetivos.

6. Observaciones y reflexiones del trabajo

En la descripción de los resultados se observó que los alumnos son capaces de percibir las diferencias entre los resultados que se obtienen y de hacer algunas inferencias sobre las causas. No obstante, el nivel de conocimiento teórico que se requiere para la discusión de los resultados aún resulta incipiente, como se mencionó por los mismos alumnos en el cuestionario y en muchos casos coloquial, como muestran los extractos del Reporte de Investigación. En esta experiencia se observó que aún se utilizaron explicaciones esquemáticas, pero sin fundamento químico o físico para discutir los resultados, con poca referencia a la literatura para la comparación de los resultados obtenidos con los reportados por otros investigadores. Este es uno de los puntos que se pretende reforzar durante las estadías profesionales. Otra observación fue que, en muchas ocasiones, la presentación oral reflejó las mismas expresiones que los tutores usaron durante

la explicación de los experimentos, lo que sugiere que los estudiantes aún no buscan cuestionar ni profundizar lo que se les da como material de partida.

Se observó que los alumnos utilizaron preferentemente el teléfono inteligente para buscar información en el momento en que se trataba y discutía algún tema, sin embargo, la información que recuperaron no se presentó en el reporte original entregado. Esto sugiere que, si bien los estudiantes tienen gran facilidad para encontrar información en internet a partir de palabras clave o conceptos específicos, no llegan a relacionar esta información a largo plazo con el tema en desarrollo.

Es muy interesante que se hayan observado conductas y métodos de trabajo similares en estudiantes de maestría y hasta de doctorado, lo que sugiere que el presente estudio podría ser pionero en buscar la mejora de estas habilidades desde el inicio de la licenciatura para los futuros alumnos del posgrado, en la tabla 1 se condensa la información obtenida en cuanto a las mejoras observadas en los alumnos al finalizar el proyecto de investigación contra las deficiencias iniciales y las mejoras esperadas por los investigadores.

•**Tabla 1.** Deficiencias iniciales, mejoras observadas y esperada de los alumnos UT

Deficiencias iniciales	Mejoras observadas	Mejoras esperadas
Alfabetización científica básica	Comprensión de los métodos experimentales. Consulta en fuentes científicas indexadas internacionales	Fomentar análisis crítico, construcción de las habilidades de análisis y lenguaje para sintetizar y explicar lo que se lee y lo que se aprende en clase
Conceptos extraídos de la ciencia popular	Manejo de conceptos científicos	Mejora en la expresión oral y escrita, tanto en la cantidad y precisión del vocabulario utilizado como en construcción de las oraciones
Imprecisiones de conceptos y lenguaje técnico	Mayor precisión al manejo de conceptos y lenguaje técnico	Reducción del uso de muletillas y expresiones hechas. Desarrollo y planteamiento de ideas propias
Escritura de reportes técnicos y referenciación	Registros experimentales detallados	Resumir los procedimientos y explicarlos en orden lógico
Presentación sin orden lógico y nula discusión de resultados	Presentación lógica de los resultados; descripción y conclusiones basada en los objetivos, pero no discusión de los resultados	Discutir los resultados obtenidos con el cuerpo de conocimiento existente
Apatía para trabajar	Trabajo en equipo bien distribuido	Trabajo individual, iniciativa, ideas propias

7. Análisis del cuestionario aplicado

Se llevó a cabo la aplicación de un cuestionario, el cual cuenta con 33 preguntas divididas en tres secciones. La primera aborda la formación previa de los alumnos, la cual tiene como principal

objetivo conocer el entorno del estudiante y su familia en el ámbito de formación académica y socioeconómico en 11 preguntas que se muestran en la tabla 2.

• **Tabla 2.** Formación previa y nivel socioeconómico

Formación previa y nivel socioeconómico	
¿De qué tipo de bachillerato provienen?	a) Tecnológico. ¿De qué especialidad? b) Humanístico (preparatoria). ¿De qué área?
¿Cuál es la escolaridad promedio en su familia?	a) Primaria b) Secundaria c) Bachillerato d) Licenciatura e) Posgrado
¿Cuál es el nivel medio de ingresos mensual en su familia?	6 000 pesos o menos 6 000 - 15 000 pesos Más de 15 000 pesos
¿Aporta actualmente o aportará usted ingresos a su familia cuando concluya la carrera?	
¿Cuántas personas viven en su hogar?	3 o menos 3 a 5 Más de 5
¿Cuántas personas aportan al ingreso familiar? (cualquier tipo de ingreso)	
¿Cuántas de las personas que aportan ingresos son mujeres?	
¿Pertenece usted o alguna de las personas que viven en su hogar a alguno de los siguientes grupos?	Indígenas Afrodescendientes Personas con discapacidad
Sobre el idioma inglés seleccione todas las que apliquen:	a) Lee (traduce) b) Escribe c) Habla d) Entiende
¿Por qué decidió estudiar (la carrera que estudia)? ¿Qué otras opciones tenían y en qué universidad(es)?	
¿Por qué decidió realizar esta estancia para acreditar la asignatura Integradora? ¿Qué otra(s) opción(es) tenía para acreditarla?	

En la tabla 3 se muestran las 12 preguntas realizadas en la sección dos, donde se abordan conceptos como investigación, desarrollo tecnológico, innovación, ciencia básica y aplicada, así como de los centros de investigación cercanos a la Universidad Tecnológica de Altamira, esto con el fin de verificar el conocimiento de la investigación por parte de los estudiantes.

• **Tabla 3.** Conocimiento de la investigación

Conocimiento de la investigación	
Antes de realizar esta estancia, ¿conocía al CICATA y lo que se hace ahí?	
Si su respuesta fue que sí ¿Por qué medios lo conoció?	a) Páginas de Internet b) Facebook u otra red social c) Visita al CICATA d) Conferencias de investigadores en la Universidad e) Conferencias impartidas en CICATA o <i>webinars</i> f) Otro medio (especifique)
¿Conoce de nombre o en persona algún otro centro de investigación en México o en el extranjero? ¿Y a alguna investigadora? ¿Cuál o cuáles?	
¿Conoce la diferencia entre investigación, desarrollo tecnológico e innovación? Descríbalas brevemente.	
¿Conoce la diferencia entre ciencia básica y ciencia aplicada? Descríbalas brevemente.	
Mencione cuatro cosas que conozca que se hayan desarrollado recientemente mediante investigación, desarrollo tecnológico o innovación.	
Mencione cuatro problemas de su región que podrían resolverse por medio de la investigación, el desarrollo tecnológico o la innovación.	
Considera que la difusión que hay de la investigación que se realiza en México es:	a) Suficiente b) Insuficiente
¿Qué significa para usted “hacer investigación” y qué actividades cotidianas cree que realiza un investigador? Mencione tres.	
¿Conoce qué es el Conacyt y qué es un posgrado de calidad?	
Mencione tres cosas que hacen falta para convertirse en investigador.	
¿Cree que en México se hace o se puede hacer investigación, desarrollo tecnológico o innovación al nivel de los países desarrollados? Justifique su respuesta.	
¿Cuáles considera algunos los obstáculos para que las mujeres en México hagan investigación?	

Y por último el apartado tres incluido en la tabla 4 de futuro profesional, se analiza la posibilidad de continuar su estancia profesional con una aproximación para la realización de estancias profesionales, maestría o doctorado, así como una trayectoria en el ámbito científico contrastándolo con un trabajo en el sector industrial.

• **Tabla 4.** Futuro profesional

Futuro profesional	
¿Dónde pretende realizar sus estadías de TSU?	
¿Piensa continuar la Ingeniería (la Maestría) después de obtener el título de TSU (Ingeniero)? ¿Por qué?	
Cuando termine la carrera de TSU o la Ingeniería:	a) Idealmente ¿dónde querría trabajar (puede ser el ramo en general o alguna(s) empresa(s) en específico) y por qué? b) ¿Cuánto pretende ganar al mes I) al ser contratado II) después del primer año III) en el quinto año de ese empleo?
¿Sabe cuánto gana un investigador en relación con una persona que trabaja en la industria?	a) Más b) Igual c) Menos
¿Conoce los montos de una beca de posgrado del Conacyt y sabe qué hace falta para obtenerla y conservarla?	
¿Considera que la carrera científica es una buena opción para desarrollarse en México? ¿Por qué?	a) Sí b) No
¿Cree que en su familia aprobarían que se dedicara a hacer investigación cuando concluyera la carrera? ¿Por qué?	
¿Cree que, como mujer, hay algún obstáculo para que se pueda dedicar a realizar investigación como una opción profesional?	
¿Qué espera que le aporte esta estancia con personas investigadoras en el CICATA Altamira?	

Esta serie de preguntas fueron elaboradas por investigadores del CICATA Altamira y de la Universidad Tecnológica de Altamira, para tener una aproximación de los alumnos al sector de investigación al incorporarlos a proyectos realizados dentro del CICATA Altamira, y fomentar en ellos la realización de posgrados en formación científica.

Del cuestionario que se propuso a los estudiantes completar después del trabajo, se desprende el siguiente análisis.

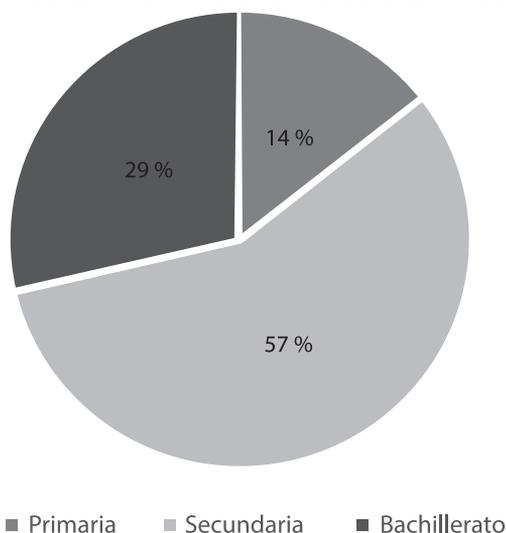
7.1. Formación previa

Todos los encuestados decidieron como primera opción estudiar Ingeniería Química por el perfil de la carrera y la vocación en experimentación o matemáticas, aunque el 75 % tenía al menos

otras dos opciones de carrera. En un 25 % de los casos, se trataba de opciones en universidades privadas y en un 25 % de los casos, en carreras del área de humanidades o económico-administrativas. El nivel de estudios promedio en las familias de los estudiantes encuestados fue de secundaria con un 57 % y de nivel bachillerato y primaria de 29 % y 14 % respectivamente como se muestra en la figura 2, por ello los ingresos dentro del hogar requieren apoyo por parte de los estudiantes y con ello la idea de que al conseguir un trabajo en el sector industrial mejoraría la estabilidad económica del hogar, al ver como una inversión el sacrificio actual el obtener el grado de licenciatura y no apostar la inversión para continuar en un posgrado.

- **Figura 2.** Nivel académico de las familias de los estudiantes encuestados

Nivel en formación académica



En cuanto a su formación, la mayoría de los alumnos hicieron un bachillerato tecnológico en alguna especialidad, aunque casi todas sin relación con el trabajo de laboratorio (75 %), por lo que el 25 % reporta que los conocimientos teóricos y experimentales que se usaron en el proyecto fueron adquiridos en la carrera, el otro 50 % durante la estancia de investigación y solo un 25 % tenía conocimiento previo. Todos los encuestados manifestaron tener otras opciones para acreditar la asignatura, pero se apuntaron a la estancia por el interés de aplicar sus conocimientos previos y llevar a cabo un proyecto aplicado. Las asignaturas previas que fueron de mayor utilidad que mencionaron los encuestados fueron Química Analítica, Química Orgánica, Estructura y Propiedades de los Materiales, Álgebra e Inglés. Las asignaturas que los encuestados

mencionaron que les hubieran sido de utilidad conocer antes de la estancia, fueron Química Aplicada, Termodinámica Química Avanzada y Caracterización de Materiales. En cuanto a la utilidad de la estancia para la mejor comprensión de las siguientes asignaturas de la carrera se reportaron: Metrología de los procesos, Química Aplicada, Análisis Instrumental, Planeación y Organización del Trabajo, Instrumentación y Control, Química Avanzada, la descripción de las competencias de estas asignaturas en los anexos 1, 2 y 3 en la Información Suplementaria. En cuanto al dominio del idioma inglés, todos los encuestados indicaron leerlo y entenderlo y el 50 % hablarlo y escribirlo. Esto se reflejó en la comprensión básica de los artículos que se les dio como referencia; en este proyecto no se llegó a pedirles redactar un texto en inglés.

7.2. Desarrollo del proyecto

El 75 % de los encuestados reportó que para preparar su primera presentación utilizó revistas especializadas en español e inglés y sitios de internet y un 25 % solo usó sitios de internet. Para preparar la segunda presentación, aparte del mismo tipo de fuentes, añadieron los resultados obtenidos en el trabajo experimental. El 100 % de los encuestados coincidió en que la limitación principal fue el tiempo dedicado al proyecto, pero también se mencionaron la falta de algunos equipos para caracterización y que se hubiera descompuesto la mufla y el espectrómetro. También hubo unanimidad en que a los encuestados les habría interesado mucho poder hacer la caracterización electroquímica para evaluar la capacidad del material como supercapacitor. El aporte de los encuestados al trabajo fue la revisión bibliográfica para preparar la presentación, de acuerdo con los temas que se repartieron y en cuanto a la práctica, confirmaron que todos participaron en las diferentes partes del desarrollo experimental. En cuanto a la atención que se recibió del tutor, aunque los encuestados la consideraron adecuada, es necesario mencionar que para “poner al día” a los estudiantes en las técnicas y conceptos que no tenían claros para desarrollar y discutir los resultados del proyecto, hizo falta tiempo. Finalmente, los alumnos se quedaron con el interés en aprender nuevas técnicas y en estudiar la respuesta del material para aplicarse en supercapacitores. Es interesante que de los seis alumnos que participaron en esta experiencia, cuatro volvieron para realizar sus estadías en CICATA en el período mayo-agosto de 2020.

7.3. Conocimiento de la investigación

En cuanto a conocer al CICATA Altamira, el 75 % de los encuestados indicó conocerlo por visitas previas al Centro, por conferencias de los investigadores del CICATA en la Universidad, por la información de la página de internet o por comentarios de cono-

cidos; solo el 25 % mencionó no conocer el Centro. El 50 % de los encuestados manifestaron no conocer otro centro de investigación y/o algún investigador en el país o el extranjero y el otro 50 % mencionó al menos un centro o algún investigador. A la pregunta, “Mencione cuatro cosas que conozca que se hayan desarrollado recientemente mediante investigación, desarrollo tecnológico o innovación”, las respuestas incluyeron: creación de polímeros con cáscaras de frutas, combustible hecho con basura [sic], combustible hecho con maíz, vacuna para curar el VIH [sic], desarrollo de un nuevo material similar al cuero proveniente del nopal, empleo de bacterias para reducir el mercurio acumulado en los sedimentos marinos, baterías de iones de litio de alto voltaje y más seguras, esponja magnética superhidrófoba para ayudar a purificar el agua de los productos petroleros, obtención ecológica de etileno por medio de un nuevo catalizador, reducción de mercurio en el fondo marino con bacterias, creación de un material que elimina los antibióticos a partir del PET, técnica para desarrollar superconductividad [sic], elaboración de sandalias con bolsas de plástico provenientes del mar, hojas de cuaderno elaboradas de hojas secas de árboles, desalinizador de agua de playa para potabilizar. A la pregunta “mencione cuatro problemas de su región que podrían resolverse por medio de la investigación, el desarrollo tecnológico o la innovación”, las respuestas incluyeron: combustibles que no dañen al ambiente, generación de una energía limpia y no costosa, medicamentos para curar la diabetes, creación de bebidas para bajar el colesterol, contaminación de mantos acuíferos por aguas residuales, emisión de gases de efecto invernadero en las ciudades, desgaste de estructuras en la industria, las viviendas y en zonas arqueológicas, así como las estatuas de las ciudades, gestión de desechos orgánicos e inorgánicos, falta de insumos para hospitales, el desabasto de gel antibacterial, el alto precio de las cosas para la higiene, contaminación de lagos, ríos y mares, falta de agua, exceso de residuos industriales [sic], emisión de gases dañinos a la atmósfera, contaminación de las aguas.

Las respuestas a estas primeras preguntas se ligan con la percepción compartida por el 100 % del grupo de la poca difusión de la investigación que se realiza en México y al desconocimiento de otros centros de investigación e investigadores o de alguna investigadora, lo que lleva a un conocimiento rudimentario de los problemas que se abordan en las ciencias químicas y que, más bien, los alumnos conocen de estos desarrollos de manera informal, pese a ser alumnos de Ingeniería Química. Fue notorio que entre los problemas nacionales que se percibieron por todos los participantes están la contaminación ambiental y problemas relacionados con la salud (crisis del COVID y enfermedades crónicas).

En cuanto a la definición que los encuestados dieron de “Qué es hacer investigación”, se mencionó: Hacer investigación es estar en busca de crear algo nuevo o mejorar algo ya existente. Hacer

investigación es buscar información de un problema para encontrar la forma de resolverlo. Hacer investigación es estar en contacto con el exterior, ver lo que sucede y cómo cambian las cosas. Sobre las actividades que realiza un investigador se plasmó: “Algunas actividades pueden ser: leer artículos científicos, realizar labores en el hogar, pero siempre buscando diversas alternativas para llevarlo a cabo, y mantener la estabilidad mental [sic]. Tener paciencia para ir paso por paso y no desesperar ante los fracasos, tener siempre el deseo de aprender cada vez más, estar siempre leyendo y estudiando todo lo nuevo en ciencia. Experimenta nuevas situaciones. Innova técnicas y materiales. Crea nuevo equipo, materiales o técnicas. Lo que debe de hacer es investigar, observar los experimentos que realiza y anotar cada cosa que realice en sus experimentos.”

Y sobre lo que se necesita para convertirse en investigador: “Tener paciencia para ir paso por paso y no desesperar ante los fracasos, tener siempre el deseo de aprender cada vez más, estar siempre leyendo y estudiando todo lo nuevo en ciencia, tiempo, terminar la carrera, compromiso y disciplina, trabajo en equipo, estudios de licenciatura terminado, ser más curioso, investigar un poco más del porqué de las cosas y ser más cuidadoso al anotar mis evidencias.”

Respecto al Conacyt, el 75 % no lo conoce o revisó en la página web del Conacyt lo que es. Aunque nadie tenía conocimiento previo de lo que es un posgrado de calidad, también revisaron en la página la definición. El desconocimiento del Conacyt y del Programa de Posgrados de Calidad se liga con la falta de conocimiento de que en estos posgrados se otorgan becas de cuantías equivalentes o a veces superiores al salario de un egresado de licenciatura con poca o ninguna experiencia profesional previa.

7.4. Futuro profesional

El principal interés de los alumnos encuestados es trabajar en la industria por la orientación que la Universidad y la región tienen. No obstante, el 100 % de los encuestados menciona que continuará con la Ingeniería por deseo de superación académica, y que realizará sus estadías de 6° cuatrimestre en el CICATA Altamira. Un 25 % de los encuestados mencionó el interés en realizar un posgrado. El 100 % de los encuestados indica que la carrera científica sería una buena opción profesional para innovar, desarrollar nuevos productos, y que la carrera de Ingeniería Química les da elementos para realizarla. Todos los encuestados indicaron que cuando concluyan la Ingeniería aportarán al ingreso familiar, y que su familia estaría de acuerdo en que realizaran una carrera dentro del campo de las ciencias, sin embargo, como se mencionó en el planteamiento del problema, actualmente se tiene conocimiento de estudiantes de posgrado que tienen la presión familiar para “buscar un trabajo” y ya

“dejar de estar estudiando”, pese a que como los mismos encuestados percibieron, los salarios a los que se puede aspirar una vez egresados de la licenciatura en uno, dos y cinco años (5 000 - 17 000 pesos, y en el 50 % de los encuestados 25 000 - 30 000 pesos a los 5 años), están por debajo o cuando mucho al nivel de una beca proporcionada por el Conacyt para estudios de especialidad y más de maestría o doctorado. La percepción del nivel de ingresos de un investigador con respecto a lo que gana una persona que trabaja para la industria fue que el investigador gana más (75 %) o igual (25 %).

8. Conclusiones

Entre las principales limitaciones percibidas por los alumnos en el reporte de su proyecto de investigación se apuntó que: i) “el tiempo que es destinado para poder llevar a cabo este tipo de investigaciones, las cuales requieren de más de dos horas-clase a la semana, lo que nos afecta ya que no se le puede dar un avance significativo en tan solo cuatro meses” y que ii) “algunos de los equipos requeridos para llevar a cabo el proyecto no se encuentran disponibles en la institución”, lo que constituye una interesante percepción de un problema que se encuentra frecuentemente en las ciencias en México.

Se demostró que la inmersión de alumnos del 5º cuatrimestre de la carrera en un proyecto de investigación fomentó el interés en desarrollar estancias adicionales en un centro de investigación, ya que cuatro de los seis alumnos realizaron sus estadías profesionales en CICATA Altamira. Estos cuatro alumnos participaron en la redacción de artículos de divulgación basados en la experiencia que tuvieron en el trabajo aquí presentado. Una de las motivaciones para continuar las estadías fue aplicar los conocimientos teóricos previos a un tema que los alumnos perciben como pertinente para solucionar los problemas nacionales que ellos perciben como inmediatos y que entienden que su carrera les prepara para atacar, pero también el contacto directo con el laboratorio y los métodos instrumentales resultó una gran motivación para que los estudiantes continuaran en el área, lo que pone de relieve la gran importancia de la enseñanza experimental de las ciencias y la disponibilidad de equipamiento, pero también de atención e involucramiento de los instructores en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Después de las estadías de TSU ha continuado el seguimiento al grupo, para ver cómo evolucionan después de las estadías y durante la Ingeniería para ver si este interés actual se traduce en que continúen estudios de posgrado. Este seguimiento, que continúa a la fecha de publicación de este trabajo, mostró que dos de los cuatro alumnos que realizaron las estadías de TSU continuaron en el área de investigación: una realizó su estadía de licenciatura en CICATA Altamira y pretende inscribirse a su programa de maestría, y otra realizó una licencia profesional en el extranjero donde continuará con un máster europeo.

Se percibe que las características del quehacer científico, el proceso de formación de un investigador y la difusión de la investigación que se realiza en México y en el mundo, así como las características y ventajas no solo académicas y profesionales sino también económicas de realizar estudios de posgrado, requiere de mayor esfuerzo por parte de los actores involucrados (centros de investigación, universidades, etcétera, pero primordialmente los mismos investigadores) para que los estudiantes de nivel técnico superior consideren la ciencia como una opción formativa y profesional válida, adicional a la que les ofrece la industria a los alumnos de las Universidades Tecnológicas.

El ejercicio de observación participativa con el concurso de docentes de la Universidad e investigadores del CICATA Altamira, demostró ser efectivo para el fomento de las vocaciones científicas en un grupo de estudiantes de la carrera de Ingeniería Química Industrial.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el marco de un Convenio General entre la Universidad Tecnológica de Altamira y el Instituto Politécnico Nacional a través del CICATA Altamira y se financió con recursos del proyecto SIP2020-1575. Se agradece a la MIA C. Espíndola Flores por las mediciones FTIR, al MC S. Pacheco Buendía por las mediciones XRD y a la PQFB M. P. Vázquez Espinosa por el apoyo en las mediciones de absorbancia. Los experimentos reportados y el cuestionario anónimo analizado fueron realizados por alumnos de la carrera de TSU en Química Industrial de la UT Altamira.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- Bautista-Hernández, A., Félix-González, A., González-Moreno, F. I., Maya-Ruiz, C. A., Rasgado-Antonio, C., Torres-Posada, J. M., Ovando-Rocha, M. S., Caballero-Briones, F. (2020). Síntesis de carbones activados a partir de borra de café para su aplicación en energía y ambiente. 1-20. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.20009.47202>
- Kawilch, B. B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos, *Forum: Qualitative Social Research Sozialforschung* 6(2) 1-32.
- Universidad Tecnológica de Altamira (2020a). *ANTECEDENTES* [online] Available at: <<http://www.utaltamira.edu.mx/universidad/antecedentes/>> [Accessed 5 April 2020].

- Universidad Tecnológica de Altamira (2020b). *MODELO EDUCATIVO* [online] Available at: <<http://www.utaltamira.edu.mx/universidad/modelo-educativo/>> [Accessed 5 April 2020].
- Universidad Tecnológica de Altamira (2020c). *TSU-QUÍMICA* [online] Available at: <http://www.utaltamira.edu.mx/tsu_quimica/> [Accessed 5 April 2020].
- Villarruel-Fuentes, M., Pérez Santiago, F., Chávez Morales, R., Hernández Arano, I. (2017). Percepciones sobre ciencia y tecnología en estudiantes del nivel superior tecnológico de Veracruz, México (Perceptions of science and technology in technological upper level students in Veracruz, Mexico), *Perspectiva Educativa* 56(1) 43-61.

Características matemáticas y contextuales de la Trigonometría en el repaso para Robótica en Ingeniería Mecatrónica

Diana del Carmen Torres-Corrales
Instituto Tecnológico de Sonora, México
Gisela Montiel-Espinosa
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, México

Resumen

Reportamos un estudio etnográfico ubicado en un espacio formativo de Ingeniería Mecatrónica; en particular, el acercamiento al momento de *Repaso de la matemática* en una asignatura profesionalizante donde buscamos responder a la siguiente pregunta: ¿qué características matemáticas y contextuales adquieren, en su uso, las nociones trigonométricas cuando el profesor y los estudiantes abordan el repaso para resolver problemas de Robótica Industrial? Desde una perspectiva que centra su atención en las prácticas que acompañan a los objetos matemáticos, identificamos el uso social de cuatro nociones trigonométricas como un saber situado en el escenario compartido y funcional de la Robótica. El rol de los diagramas, la permanencia y funcionalidad de la noción de razón trigonométrica y la ausencia del significado lineal reportado en la literatura son las características que engloban los resultados obtenidos.

Palabras clave

Construcción del conocimiento, Formación de ingenieros, Investigación etnográfica, Matemática Educativa, Trigonometría.

Mathematical and contextual features of Trigonometry in the preliminaries for Robotics in Mechatronics Engineering

Abstract

We report an ethnographic study located in a formative space of Mechatronics Engineering; in particular, the approach to the moment of *mathematics preliminaries* in a professionalizing subject where we seek to answer the following question: what mathematical and contextual characteristics do trigonometric notions acquire, in their use, when the teacher and students approach the preliminaries to solve problems of Industrial Robotics? From a perspective that focuses attention on the practices that accompany mathematical objects, we identify the social use of four trigonometric notions as knowledge situated in the shared and functional scenario of Robotics. The role of diagrams, the permanence, and functionality of the notion of trigonometric ratio, and the absence of the linear meaning reported in the literature are the characteristics that encompass the results obtained.

Keywords

Construction of Knowledge, Engineering Training, Ethnographic Research, Mathematics Education, Trigonometry.

Recibido: 21/11/2020

Aceptado: 05/05/2022

1. Introducción

La formación de ingenieros tiene un enfoque educativo interdisciplinario, por lo que se espera que los conocimientos se acoplen con su quehacer a lo largo del programa de estudios. Así, los programas declaran que los estudiantes deben ser capaces de poner en práctica los conocimientos adquiridos para resolver problemas (Domínguez *et al.*, 2019). Por ejemplo, el conocimiento matemático que se estudia en las Ciencias Básicas (primeros dos años) se debe poner en práctica para resolver problemas en las asignaturas de Ciencias de la Ingeniería (segundo y tercer año) y Profesionalizantes (último año, cercanas a la práctica profesional). Sin embargo, la investigación didáctica –aquella particular del estudio de los procesos de enseñanza y aprendizaje de contenidos específicos–, desde diversas disciplinas y enfoques, ha cuestionado la *transferencia* (del aprendizaje) de los conocimientos de las Ciencias Básicas no solo a las asignaturas posteriores, sino –y con mayor énfasis, por ser el propósito de la formación profesional– a los escenarios extraescolares. Desde mediados de los 80, del siglo pasado, miradas como la etnomatemática reconocían que “gran parte de las matemáticas que actualmente practican los ingenieros, principalmente el cálculo, no responde al concepto de rigor y formalismo desarrollado en los cursos académicos de cálculo” (D’Ambrosio, 1985: 45); y en las pasadas décadas las investigaciones centradas en la práctica profesional de la Ingeniería han dado muestra de la importancia de continuar atendiendo este cuestionamiento.

El documento *A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education* de la Sociedad Europea para la Educación en Ingeniería (SEFI, 2013, por sus siglas en francés), es un producto basado en los resultados del proyecto danés KOM (competencias y el aprendizaje de matemáticas, por sus siglas en danés) para sistematizar ocho competencias matemáticas específicas que necesita un ingeniero del siglo XXI, estas son categorizadas en dos bloques de habilidades: (1) preguntar y responder cuestionamientos en y con las matemáticas, y (2) relacionarse con y manejar las herramientas y el lenguaje matemático; este marco de referencia destaca por su utilidad para el diseño de propuestas de contenidos curriculares de ingeniería que ha sido utilizado bajo los enfoques por competencias, modelización matemática y solución de problemas.

En el contexto internacional, la revista *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education* (IJRUME) publica un número especial en el que recopila trabajos en torno a las tendencias de innovación educativa para la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en la ingeniería. Se presentan estas tendencias en: (1) la identificación de las necesidades matemáticas en la práctica de la ingeniería (ir del problema ingenieril

hacia la matemática que le da solución); (2) el diseño curricular desde el enfoque por competencias; y (3) el estudio teórico basado en praxeologías desde el enfoque de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Pepin, Biehler y Gueudet, 2021).

Los estudios de casos más recientes en la formación de ingenieros señalan la modelización matemática como punto medular, al grado de identificarla en un grupo de profesores como la principal competencia que debe tener un estudiante para desarrollar madurez matemática (Faulkner, Earl y Herman, 2019), pues argumentan, con ella los estudiantes pueden transitar entre diferentes modelos, extraer el significado de los símbolos, utilizar herramientas computacionales e interpretar dicha solución con el problema que resuelven.

En México, Camarena (2013) desarrolló la teoría de la Matemática en el Contexto de las Ciencias como respuesta a la falta de teorías específicas para el nivel superior y cuya finalidad fue solventar las dificultades para establecer el vínculo entre matemáticas e ingeniería. Dicha teoría busca una reorganización cognitiva de conceptos y procesos matemáticos, de manera que se pretende que el profesor de matemáticas contribuya con su práctica docente a la formación integral del futuro profesionista desde un enfoque por competencias.

Desde la Teoría Antropológica de lo Didáctico, Romo-Vásquez (2014) analiza el uso de modelos matemáticos en contextos de la ingeniería e identifica las necesidades matemáticas que surgen en dicho uso, como las técnicas matemáticas del trabajo de expertos y el uso de programas computacionales para simular situaciones en contexto. La autora concluye que el diseño de actividades didácticas basadas en la modelización matemática para la formación de ingenieros requiere del trabajo colaborativo para elegir y adaptar dichas propuestas.

Desde la Teoría Socioepistemológica, Hinojos y Farfán (2017) analizaron la relación entre los fenómenos de propagación del calor y la transmisión de señales eléctricas. Así, mediante un análisis histórico-epistemológico de las obras de Fourier, Ohm y Maxwell, identificaron que la estructura de la ecuación diferencial que representa a los fenómenos y su solución en estado estacionario es idéntica en los tres casos, pero se diferencia por el significado físico de sus coeficientes. Posteriormente, los autores retoman este resultado para elaborar el diseño de una propuesta didáctica basada en las analogías entre los problemas físicos del calor y la electricidad, cuya finalidad es la construcción de las nociones del estado estacionario en el contexto de la Electrónica de Potencia para una población de estudiantes de Ingeniería Eléctrica, la cual puede consultarse a detalle en Hinojos, Farfán y Orozco (2021).

La tradición de la Teoría Socioepistemológica en este tipo de investigaciones delimita sus objetos de estudio en torno a un saber matemático en particular y las prácticas que le ante-

ceden y acompañan, para estar en condiciones, posteriormente, de construir explicaciones sobre sus procesos de construcción social y hacer propuestas de rediseño del discurso Matemático Escolar. En esta dirección, se diseñó una investigación cuyo planteamiento y fundamentación teórico-metodológica puede consultarse a detalle en Torres-Corrales, López-Acosta y Montiel (2020), y cuyo objeto de estudio se centró en los usos y significados del conocimiento trigonométrico de estudiantes de Ingeniería Mecatrónica en Robótica Industrial pertenecientes al Instituto Tecnológico de Sonora, una universidad pública autónoma ubicada en el noroeste de México.

Se trató de un estudio etnográfico que demandó de la recolección y análisis de datos en dos etapas, una documental y otra *in situ*. Con la etapa documental se identificó que a pesar de la articulación curricular (seis asignaturas que van de primero a último año) del problema cinemático directo de la Robótica, se da una *desarticulación de usos de conocimiento* porque hay características de la puesta en práctica de las nociones trigonométricas que están ausentes en su enseñanza en las asignaturas de Matemáticas (Torres-Corrales y Montiel, 2020).

La etapa *in situ* consistió en un trabajo de campo realizado durante un semestre con 47 estudiantes (42 hombres y 5 mujeres) y un profesor de Ingeniería Mecatrónica en la asignatura de Robótica Industrial (séptimo semestre); y en este se identificaron dos momentos relevantes: *el repaso de la matemática y la solución del problema cinemático directo*. El análisis de la etapa *in situ* se guió por la pregunta de investigación: ¿qué usos de las nociones trigonométricas se dan en la Ingeniería Mecatrónica cuando los estudiantes resuelven problemas de la Robótica?, pero el reconocimiento de dichos momentos nos llevó a reportarlos por separado.

El estudio correspondiente a la solución del problema cinemático para un robot SCARA (brazo robótico para ensamble de confianza selectiva, por sus siglas en inglés) giró en torno al proceso de modelación matemática registrado con técnicas etnográficas, donde se identificó que los diagramas –herramienta de la Robótica– son un componente fundamental del uso del conocimiento matemático (nociones trigonométricas), en particular en la determinación de la posición en la circularidad. Los resultados de este momento se pueden consultar en Torres-Corrales y Montiel (2019).

El estudio del momento de *Repaso* corresponde con lo que reportamos en el presente artículo. Dado que se reconoció que este repaso iba más allá de recuperar los contenidos de las Ciencias Básicas y sintetizarlos antes de abordar el contenido de la asignatura Profesionalizante, además de la pregunta de investigación inicial, se planteó la siguiente pregunta: *¿qué características matemáticas y contextuales adquieren, en su uso, las nociones*

trigonométricas cuando el profesor y los estudiantes abordan el repaso para resolver problemas de Robótica Industrial?

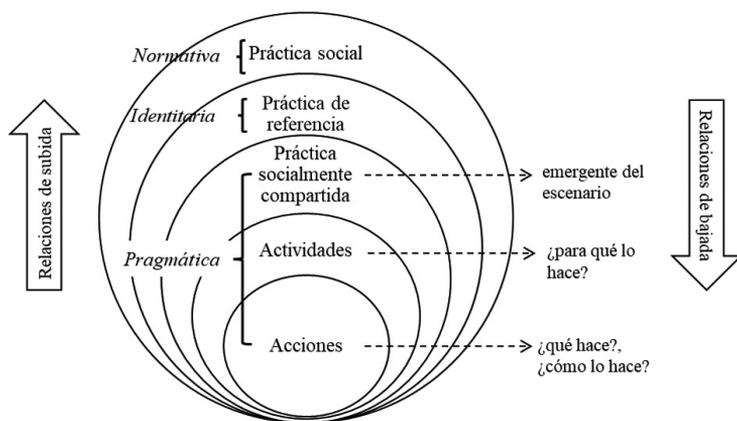
Poner énfasis en el momento del *repaso de la matemática* resultó de interés a propósito del análisis de la etapa documental donde identificamos la desarticulación de usos del conocimiento trigonométrico entre los contenidos de las Ciencias Básicas y las Ciencias de la Ingeniería, y entre las Ciencias Básicas y las Asignaturas Profesionalizantes, que se sintetizan en los distintos roles que tienen los diagramas a medida que se transita por el currículo, pues los diagramas en las asignaturas de Matemáticas juegan el rol de representación ilustrativa de la cual se obtienen datos para realizar los cálculos y en estos recae el mayor énfasis de la actividad matemática. En este sentido, la forma en que el profesor aborda el *repaso* puede aportar a articular y robustecer los contenidos trigonométricos en las Ciencias Básicas con elementos contextuales y propios de la ingeniería.

En su conjunto, estos resultados son la aportación de una investigación con una perspectiva particular, que entiende el hacer matemáticas como una actividad humana situada y contextualizada; por ello, sin dejar de atender los objetos matemáticos, se prioriza el estudio de las prácticas que los acompañan y se eligen estrategias metodológicas que permitan su estudio culturalmente situado, en este caso, en la Ingeniería Mecatrónica.

2. Fundamento teórico

La Teoría Socioepistemológica (TS) nace como un enfoque sistémico que integró la dimensión social al estudio del sistema didáctico, centrado hasta entonces en las relaciones entre estudiantes (dimensión cognitiva), profesor (dimensión didáctica) y saber matemático (dimensión epistemológica) (Cantoral y Farfán, 2003). El reconocimiento de la matemática al servicio de otras disciplinas –principalmente por las investigaciones realizadas en la educación superior– y de su carácter social como resultado de la actividad humana dieron pauta a la investigación socioepistemológica en escenarios diversos (escolares, históricos, profesionales, experimentales, etc.) y con ello el desarrollo de diferentes programas de investigación, que sostienen en sus bases el interés por develar los *usos del conocimiento matemático* que se han invisibilizado en la matemática escolar. Para lograrlo, se cambió el estudio del dominio de los conceptos matemáticos por el estudio de las prácticas que acompañan su producción, la denominada *descentración del objeto* (Cantoral, Montiel y Reyes-Gasperini, 2015). Con base en la evidencia empírica, se propone un modelo (figura 1) que explica la construcción social de conocimiento matemático en términos de prácticas organizadas (anidadas); es decir, refiere a prácticas matemáticas relativas a un saber.

• **Figura 1.** Modelo de anidación de prácticas. Adaptado de (Cantoral, Montiel y Reyes-Gasperini, 2015: 13)



Al ser una teoría dentro del paradigma social, la TS tiene una perspectiva situacional de la construcción de conocimiento y reconoce como fundamental el rol del contexto que la enmarca, en particular la forma en la cual un individuo o grupo –como miembro(s) de una cultura– construye(n) conocimiento, por lo que se establece un principio de *racionalidad contextualizada* (Cantoral, Montiel y Reyes-Gasperini, 2015). Torres-Corrales y Montiel (2020: 32-33) proponen tres niveles de análisis para dar cuenta de esta dependencia del contexto:

el *contexto cultural* da pertenencia a grupos humanos específicos pues se reconoce su dominio en el comportamiento e interacciones sociales de los sujetos o grupos involucrados; mientras que el *contexto situacional* reconoce la influencia del tiempo, el lugar y las condiciones donde se lleva a cabo la actividad matemática, dichas condiciones las determina el problema que se estudia o pueden ser establecidas mediante un diseño didáctico. El contexto que da forma y sentido a la matemática en juego, lo denominamos *contexto de significación*.

Así, las investigaciones socioepistemológicas darán cuenta de anidaciones de prácticas contextualizadas, acordes a los objetos de estudio y escenarios de investigación planteados. Para el presente estudio, con el objetivo de responder a la pregunta de investigación, utilizaremos los dos primeros niveles del modelo de anidación de prácticas: la *acción* directa de la persona (individual y en grupo) ante el medio material (escenario), organizacional (contexto) y social (normativo), y su organización en *actividad* situada socioculturalmente (Cantoral, Reyes-Gasperini y Montiel, 2014). Esto por tratarse de prácticas de naturaleza observable y

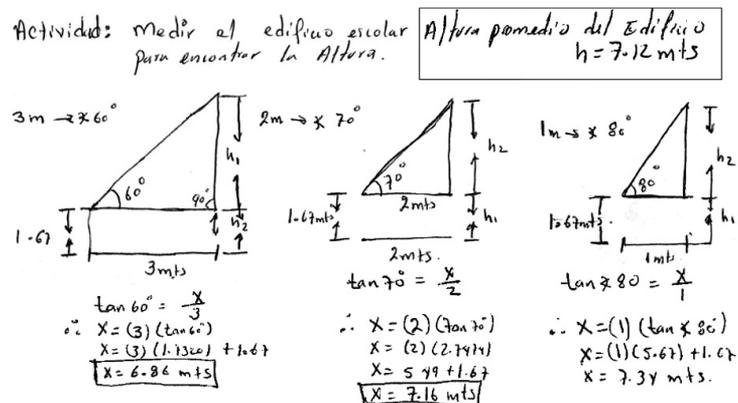
explícita al seno de las cuales podemos identificar el *uso social* del objeto matemático de interés, esto es, el saber situado en escenarios socioculturales, que debe ser compartido y funcional (Tuyub y Buendía, 2017; Torres-Corrales y Montiel-Espinosa, 2021).

2.1 Consideraciones epistémicas

Dentro de las investigaciones socioepistemológicas relativas al conocimiento trigonométrico, ubicamos la presente en el momento de desarrollo de usos que Montiel (2011), a partir de un estudio histórico-epistemológico, identifica como la *relación trigonométrica* y en el que reconoce el origen y la significación del saber trigonométrico como el entendimiento de la naturaleza de la relación entre un ángulo central y la longitud de la cuerda que subtiende en un círculo, situado en prácticas de modelación geométrica de los fenómenos astronómicos. Esto implica la transición de una realidad no manipulable a un modelo o representación: el tránsito de lo macro a lo micro.

La investigación de Montiel y Jácome (2014) evidenció que en la escuela domina un tratamiento aritmético y algebraico de las razones trigonométricas, las nociones y representaciones geométricas incluidas en las tareas sirven de ilustraciones –porque no se construyen o se miden– de donde tomar los datos que se sustituyen en las fórmulas; los problemas que se gestan en este contexto son lo que estos autores denominaron como *significado lineal*: la concepción y tratamiento lineal de la relación entre ángulo y cateto en un triángulo rectángulo, por ejemplo, relacionando crecimientos constantes del ángulo –diez en diez grados– con decrecimientos constantes del cateto –uno en un metro– (figura 2).

- **Figura 2.** Significado lineal de la razón trigonométrica en profesores del nivel medio superior. Adaptado de Jácome (2011: datos recolectados)



Esta confrontación inicial entre la epistemología de prácticas construida de la génesis histórica del saber y los procesos de transmisión didáctica vía la escuela, permitió diseñar herramientas de análisis crítico de las prácticas en torno a lo trigonométrico, tomando en consideración “la medición y la proporcionalidad, los procesos de construcción geométrica, el análisis de la relación ‘ángulo-longitud en el triángulo o cuerda en el círculo’, la modelación para el paso de lo macro a lo micro” (Cantoral, Montiel y Reyes-Gasperini, 2015: 21).

Investigaciones de diseño (Torres-Corrales, 2014; Scholz, 2014; Cruz-Márquez, 2018) mostraron que diversas variables contextualizaban la actividad geométrica cuando esta se provocaba intencionalmente en la resolución de tareas trigonométricas en diferentes contextos y niveles educativos –ingeniería, nivel medio con escenarios experimentales innovadores y formación inicial docente, respectivamente–. Sus resultados ampliaron el planteamiento del *contexto de significación geométrica* general de Montiel (2011), por ejemplo, yendo más allá de las construcciones geométricas; se reconoció el rol relevante de los modelos en contexto (diagramas o bosquejos con elementos de la situación problema a modelar) y de los modelos geométricos a escala, fueran realizados en computadora (*software*) o por instrumentos geométricos tradicionales (regla, compás y transportador). El análisis de la relación ángulo-longitud se robusteció con el planteamiento de la angularidad (Rotaèche y Montiel, 2017), y se situó el uso de la medida del ángulo (como cualidad, relación y cantidad), en grados o radianes, según el contexto de uso y su funcionalidad.

Es en este sentido que se plantea, desde la Socioepistemología, que *lo trigonométrico* se construye en y desde un campo de prácticas, no se da como un objeto preestablecido, por ejemplo, la razón trigonométrica (Torres-Corrales y Montiel-Espinosa, 2021).

3. Método etnográfico

La investigación etnográfica atiende problemas a nivel microscópico, por lo que se orienta a las particularidades de lo local y en entender lo que un grupo humano produce e interpreta de su quehacer (Geertz, 2006). Si bien se adoptó una perspectiva realista de la etnografía, en el sentido de Hammersley y Atkinson (1994), que busca comprender los efectos de la presencia de la investigadora –primera autora del artículo– en el actuar de los participantes; ella forma parte de la comunidad académica de la universidad (egresada y profesora) de tal suerte que conocía y compartía el contexto académico particular de la Ingeniería donde se situó la recolección de datos.

Participaron de manera voluntaria e informada estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería Mecatrónica y su profesor –con grados de licenciatura, maestría y doctorado afines a la disciplina– durante el semestre agosto-diciembre 2018 en la asig-

natura de Robótica Industrial (teoría y laboratorio). *El repaso de la matemática* por parte del profesor tuvo una duración de seis horas de clase y durante este momento de la investigación se utilizó la técnica de observación participante, de la cual se elaboraron tres cuadernos de notas, un diario de campo y se grabaron audios con sus respectivas transcripciones. Aunado a esto, se utilizó la técnica de grupos de discusión para conversar con los estudiantes, cuya duración fue de 7 horas y 40 minutos y se elaboraron tres reportes con sus respectivas transcripciones de audios y videos. Para los grupos de discusión, por ser extraclase, solo pudieron participar nueve estudiantes (ocho hombres y una mujer), cuyas producciones son las que se analizan para efectos de reportar toda la etapa del *repaso*.

Con la observación participante se estudió el quehacer de la Ingeniería Mecatrónica desde su contexto natural de producción asumiendo un rol no oculto con grado de implicación pasiva-moderada-activa (acorde a lo propuesto por Hammersley y Atkinson, 1994; y Penalva *et al.*, 2015), según se daba familiaridad con los participantes.

Para la observación participante se empleó un cuaderno de notas y un diario de campo, cuyo contenido incluye datos generales (fecha, hora, lugar, cantidad de estudiantes y temas), proceso de la sesión (rol del profesor y de los estudiantes), conocimientos matemáticos y disciplinares, reacciones de la comunidad (comportamiento y actitudes), anotaciones de la sesión, fotografías y transcripciones de audio y video; con el cuaderno de notas se registraron individualmente las sesiones y con el diario de campo sintetizamos la agrupación de varios cuadernos de notas.

El grupo de discusión permitió generar un rango amplio de opiniones y experiencias de los estudiantes respecto a las preguntas del guion, el cual nos permitió ampliar y contrastar los datos de la observación participante (Fàbregues y Paré, 2016). El guion se organizó en tres apartados: introducción (bienvenida y definición de reglas y roles), discusión (preguntas) y disolución (agradecimiento); también se incluyeron datos generales, fotografías y transcripciones de video.

Los grupos de discusión se realizaron en diferentes días, dadas las recomendaciones de la técnica. La dinámica consistió en responder una a una las preguntas del guion que condujo la investigadora en rol de moderadora. En el caso de los estudiantes se identificó un grupo homogéneo porque las repuestas no fueron repetitivas, sino que, dada la respuesta de un compañero, los demás ahondaban en detalles si consideraban que había faltado información.

4. Resultados y análisis

Dada la cantidad de datos registrados con las técnicas e instrumentos se realiza el análisis a través de episodios, estos se configuraron de acuerdo con cuatro temas: la matriz de rotación, la matriz de

cambio de coordenadas, los valores de seno y coseno del ángulo, y las identidades trigonométricas. Los temas de matrices fueron impartidos dentro del *repaso de la matemática*, estrategia de academia para reducir el índice de reprobación, porque algunos estudiantes declaran “no recordar la matemática”, el cual incluyó temas de Álgebra Lineal; adicionalmente se incluyen los dos temas restantes como parte del *repaso*, porque, si bien estuvieron presentes dentro de otros temas de la Robótica a lo largo del semestre, también fueron estudiados en las asignaturas de Matemáticas.

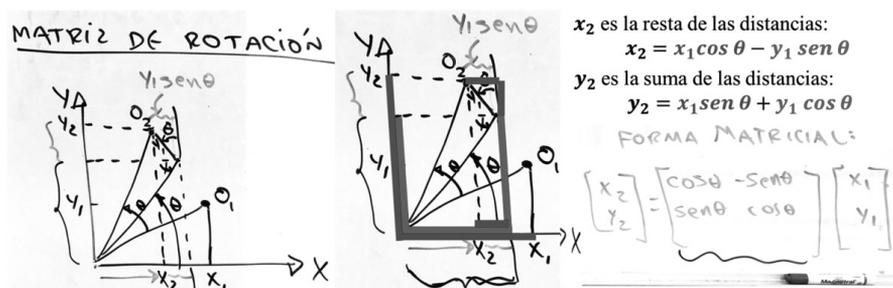
Los episodios de los participantes se organizaron de acuerdo con los cuatro temas matemáticos señalados. Los datos de la *explicación del profesor* (discurso verbal y escrito) provienen del registro de los cuadernos de notas y diarios de campo obtenidos con la técnica de observación participante llevada a cabo durante las clases de Robótica Industrial. Mientras que los datos de la *exploración del estudiante y moderadora* provienen de lo que los estudiantes entienden (discurso oral y escrito) respecto a la explicación de clases de su profesor referente a los cuatro temas matemáticos, los cuales se registraron mediante los guiones de la técnica de grupo de discusión.

El análisis se organiza en un cuadro que contiene tres secciones: (1) los episodios de los participantes: explicación del profesor durante las clases y exploración de cómo entienden los estudiantes dichas explicaciones; (2) las herramientas de análisis crítico de las prácticas en torno a lo trigonométrico (apartado 2.1): figuras, trabajo geométrico, tipo y rol del diagrama, usos del ángulo y covariación; y (3) el análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico (apartado 2): acciones, actividades y contextos (cultural, situacional y de significación). Por cuestiones de extensión se muestra el análisis detallado de un tema y del resto una síntesis individual.

4.1 Matriz de rotación

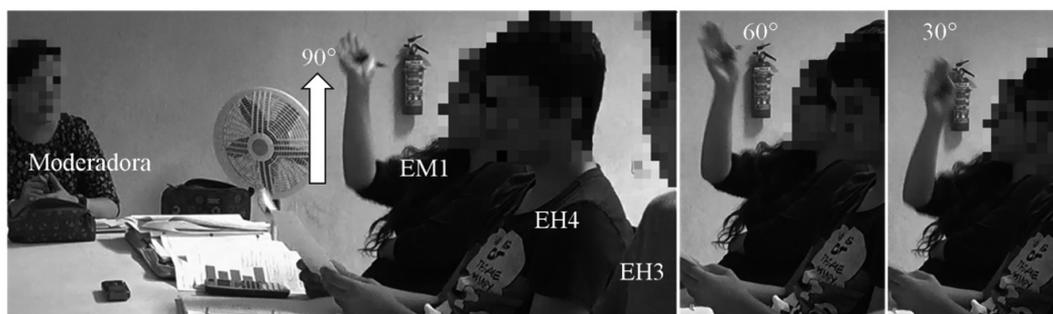
El profesor explicó la matriz de rotación con un diagrama en el plano cartesiano que representa el giro sucesivo de dos puntos de una articulación rotacional del robot a medida que se mueve (fotografía 1).

•Fotografía 1. Matriz de rotación explicada por el profesor en el pizarrón



En los grupos de discusión, la moderadora pidió a los estudiantes que “explicaran cómo se forma la matriz de rotación y su significado en el movimiento del robot”, con la intención de identificar si hacían relaciones, reconocían que se trataba de triángulos semejantes y rectángulos, y si señalaban hipotenusa, catetos y ejes. Los estudiantes señalaron que “las matrices se forman de acuerdo con el ángulo de referencia del triángulo rectángulo, donde asocian al ángulo como un giro y este define al seno y al coseno del ángulo dependiendo del cuadrante donde se ubique” (fotografía 2).

• **Fotografía 2.** Explicación de la estudiante EM1 sobre el ángulo como giro



Algunos episodios del estudio de la matriz de rotación por parte del profesor (P), de los estudiantes hombre y mujer (EH/EM) y de la moderadora (M) con su respectivo análisis se muestran en el cuadro 1; se señalan algunas notas aclaratorias en paréntesis.

• **Cuadro 1.** Análisis cualitativo de la matriz de rotación referente a la fotografía 1

Sección 1. Episodios de los participantes	
<i>Explicación del profesor</i>	<i>Exploración del estudiante y moderadora</i>
Extracto de audios 15 y 16	Extracto del video 21
<p>» P. En la matriz de rotación se tiene un punto en el sólido O_1 y gira un ángulo θ, pero sigue siendo la misma magnitud, y se va a mover al punto O_2. Por ejemplo, en el robot, esta parte es un triángulo rectángulo y es parte de un sólido rígido.</p> <p>» P. Si esta es mi hipotenusa hagan de cuenta que tengo un triángulo semejante y este ángulo que estaba aquí en la vertical al hacer esto es el mismo ángulo, sería $y_1 \text{sen } \theta$, pero negativo porque le tengo que restar este pedacito.</p>	<p>» EM1. Pues yo le puse que dependían, o sea, las ecuaciones (<i>de las matrices</i>), de dónde estaba el ángulo, de qué cateto estaba (<i>del triángulo rectángulo</i>), entonces, dependiendo de eso tú sabías si era positivo o negativo (<i>cuadrante del plano</i>), entonces le puse que x_2 era la resta de las distancias y y_2 la suma de las distancias.</p> <p>» M. Entonces, en el triángulo de arriba, ¿imaginan un nuevo eje?</p> <p>» Todos. ¡Sí! (<i>risas</i>).</p>

Sección I. Episodios de los participantes

» P. En función de θ_1 y luego de θ_2 , y así sucesivamente. Este triángulo va a tener aproximaciones sucesivas, la computadora lo va a hacer de grado en grado o de décima de grado en grado o de décima de grado cada vez que se esté moviendo.

» P. En el caso de la matriz de rotación en coordenadas homogéneas, el 1 en z significa que pivotó o giró un ángulo θ alrededor de z. También significa la perspectiva, el valor o magnitud real; si fuera 2 sería $\frac{1}{2}$ como en el caso del zoom de las cámaras fotográficas, pero en el caso de la Robótica es 1.

» Extracto de lo escrito

» El procedimiento por seguir depende de la forma en que la rotación venga definida. Cuando está determinada por tres rotaciones θ, ϕ, Ψ alrededor de los ejes z,y,x, respectivamente, cada una de ellas queda representada mediante las matrices, por ejemplo, para el eje z :

$$[R_{\theta, z}] = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta & 0 & 0 \\ \text{sen } \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

» EM1. Sí, porque si estuviera del otro lado, ya tuviera su otro eje, ya no fuera igual, y el ángulo que también quieres porque no es lo mismo porque va aumentando (*señala con su mano un decrecimiento*).

Extracto del video 25

» EH5. La matriz de rotación, respecto al movimiento del robot, expresa el ángulo que se desplazó.

» M. ¿Entonces todos los triángulos que estamos viendo son rectángulos?

» EH5. Sí, porque si no, no se podría aplicar esta (*señala la razón seno del ángulo*), sino las leyes (*trigonométricas*).

Extracto del video 28

» EH6. Observamos primeramente la distancia, y ya al momento de (*señala con sus manos el movimiento de giro*), lo ponemos en función del ángulo.

» EH7. Es la distancia por el valor del ángulo en cada eje.

Sección II. Herramientas de análisis crítico de las prácticas en torno a lo trigonométrico

<i>Figuras</i>	Triángulo	X	Círculo		Articular figuras	Identificar elementos/ propiedades			X	
<i>Trabajo geométrico</i>	Medir	X	Hacer relaciones	X	Cuantificar relaciones	X	Construir diagramas	X	Analizar diagramas	X
<i>Tipo y rol del diagrama</i>	Bosquejo	X	Modelar situación	X	Entender problema	Desarrollar ecuaciones			X	
	Escala				Dar solución	Justificar solución			X	
<i>Usos del ángulo</i>	Carácter estático		Carácter dinámico	X	Cualidad	X	Cantidad	X	Relación	X
<i>Covariación</i>	Ángulo-cuerda		Ángulo-cateto	X						

Sección III. Análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico

» **Acciones** (*¿qué hacen?, ¿cómo lo hacen?*)

» Construyeron un diagrama en bosquejo y con referencia al plano cartesiano, que incluye triángulos semejantes, en este caso dos triángulos rectángulos, hicieron movimientos circulares y relaciones con métricas (relación cateto-cateto) de dos giros sucesivos de una articulación rotacional del robot.

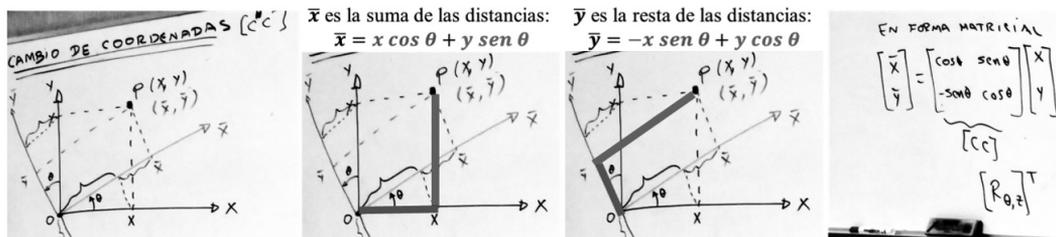
Sección III. Análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico

- » Reconocieron los elementos constitutivos de los triángulos rectángulos: ángulo recto, catetos e hipotenusa.
- » Desarrollaron la matriz de rotación para el caso bidimensional, a través del análisis del diagrama (fotografía 1) y el establecimiento de las ecuaciones de x_2 y y_2 con las razones de seno y coseno del ángulo, de donde estudiaron la covariación de la relación cateto-cateto de los triángulos y justificaron que podían emplear las razones porque son triángulos rectángulos.
- » Se dan los tres usos del ángulo: como cualidad, cuando señalaron una curva que indica la convención positiva del ángulo (giro antihorario); como relación, cuando visualizaron el ángulo de interés con relación al eje x o y , y como cantidad de tipo variable. En estos usos se resalta su carácter dinámico porque estudiaron dos giros al elaborar el diagrama y saben que está en movimiento.
- » **Actividad** (*¿para qué lo hacen?*)
Modelar los valores de los ángulos sucesivos que puede tomar una articulación rotacional del robot dado el movimiento al que se somete, donde se conserva la misma magnitud de la longitud de la articulación.
- » Contextos (*cultural* da pertenencia al grupo humano; *situacional* las condiciones donde se realiza la actividad matemática; y *de significación* que da forma y sentido a la matemática).
- » Contexto cultural: el rol de la Robótica Industrial y su influencia en la funcionalidad de la matemática.
- » Contexto de situacional: las matrices se forman de acuerdo con el ángulo de referencia del triángulo bajo estudio, donde asocian al ángulo como giro y este define a las razones de seno y coseno del ángulo.
- » Contexto de significación: el movimiento de las articulaciones rotacionales de los robots –los giros sucesivos a medida que se mueve– en tanto da forma y sentido a la matemática en uso; por integrar de forma implícita al círculo.

4.2 Matriz de cambio de coordenadas

El profesor explicó con un diagrama en el plano cartesiano que la matriz de cambio de coordenadas representa otra perspectiva de la rotación: el giro sucesivo del sistema de coordenadas referencial cuando el punto de una articulación rotacional del robot permanece fijo (fotografía 3). En los grupos de discusión con los estudiantes, la moderadora les preguntó “¿qué hace el robot en la parte de control al accionar el botón *Coord* del *teach pendant* (control remoto)?” con la intencionalidad de cerciorarse de que identifican los tres tipos de movimiento del robot (*joint*, *world* y *tool*), y de que matemáticamente significa que el punto no se ha movido, sino que cambió el sistema de coordenadas (el cambio de renglones por columnas y la transpuesta de la matriz de rotación). Los estudiantes señalaron que “se da un sistema de coordenadas que se ha movido un ángulo y para formar la matriz lo que importa es el ángulo que se desplazó, el cual es un giro, y define al seno y al coseno dependiendo del eje donde esté”.

• **Fotografía 3.** Matriz de cambio de coordenadas explicada por el profesor en el pizarrón

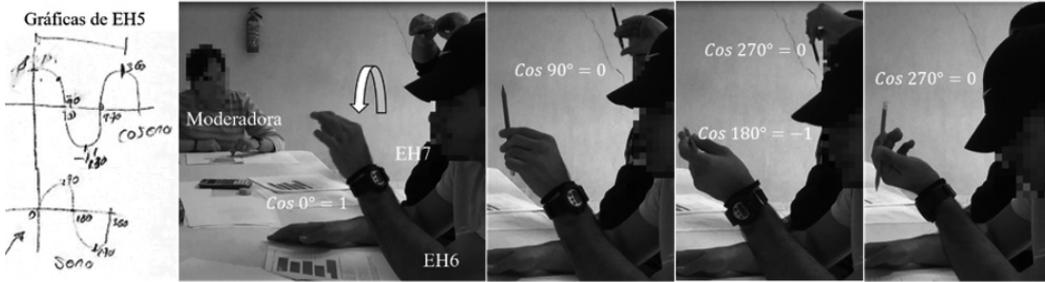


Del análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico se identifica que la *actividad* (¿para qué lo hacen?) es modelar el cambio de perspectiva de la matriz de rotación y calcular los valores de los ángulos sucesivos de las articulaciones del robot en cualquier eje en el espacio. Aquí, se identifica, en el *contexto cultural*, el rol de la Robótica Industrial y su influencia en la funcionalidad de la matemática; el *contexto situacional* se reconoce en las particularidades del movimiento del robot, los modos *joint* (sistema de coordenadas en cada articulación), *world* (sistema de coordenadas en la base) y *tool* (sistema de coordenadas en la herramienta); y, finalmente, el *contexto de significación* está enmarcado por el movimiento de las articulaciones rotacionales de los robots cuando el punto de una articulación rotacional permanece fijo, en tanto da forma y sentido a la matemática en uso, por integrar de forma implícita al círculo.

4.3 Valores de seno y coseno del ángulo

Al realizar operaciones con matrices, tanto el profesor como los estudiantes evocaron de memoria algunos valores de seno y coseno del ángulo: 0° , 30° , 45° , 60° , 90° , 180° , 270° y 360° . Para explorar de dónde reconocen dichos valores, en una entrevista individual se le preguntó al profesor al respecto, quien dijo “tengo en mi mente la imagen del círculo unitario y de triángulos rectángulos para determinar esos valores”. Con la intención de identificar cómo los estudiantes identifican los valores se les solicitó llenar una tabla (fotografía 4). Para la parte 1 los estudiantes no utilizaron calculadora y explicaron que los valores “proviene de gráficas de funciones de seno y coseno” (ver gráficas de EH5) y de valores del círculo unitario (movimientos con el lápiz de EH6 y EH7). Mientras que para la parte 2 utilizaron la calculadora y dijeron que los valores “se pueden calcular a partir del ángulo que se estudie en el triángulo rectángulo y cuyo signo depende del cuadrante”.

- **Fotografía 4.** Explicación de los estudiantes sobre los valores de seno y coseno del ángulo



Parte 1		Parte 2	
$\cos(0^\circ) = 1$	$\text{sen}(0^\circ) = 0$	$\cos(30^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$	$\text{sen}(30^\circ) = \frac{1}{2} = 0.5$
$\cos(90^\circ) = 0$	$\text{sen}(90^\circ) = 1$	$\cos(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$	$\text{sen}(45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$
$\cos(180^\circ) = -1$	$\text{sen}(180^\circ) = 0$	$\cos(-45^\circ) = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0.707$	$\text{sen}(-45^\circ) = -\frac{\sqrt{2}}{2} = -0.707$
$\cos(270^\circ) = 0$	$\text{sen}(270^\circ) = -1$	$\cos(60^\circ) = \frac{1}{2} = 0.5$	$\text{sen}(60^\circ) = \frac{\sqrt{3}}{2} = 0.866$
$\cos(360^\circ) = 1$	$\text{sen}(360^\circ) = 0$		

Nota: Escribieron en decimales EH3, EM1, Y EH7; y en fracciones EH4 y EH5

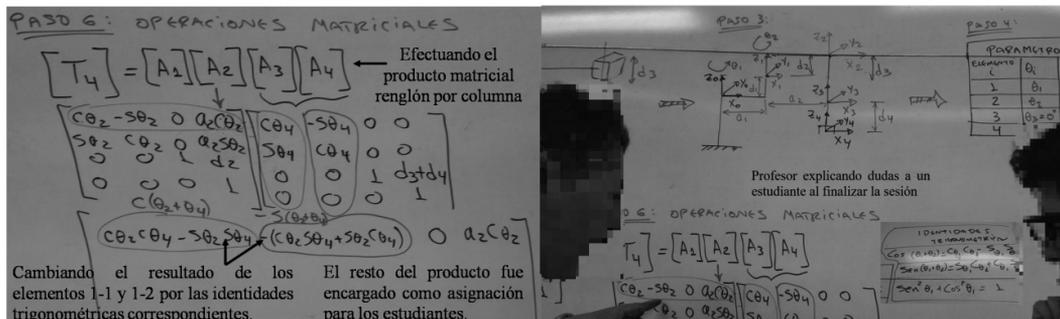
Del análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico se identifica que la *actividad* (¿para qué lo hacen?) es realizar –manualmente– operaciones con las matrices que modelan el problema cinemático directo de robots. Aquí, se identifica, en el *contexto cultural*, el rol de la Robótica Industrial y su influencia en la funcionalidad de la matemática; el *contexto situacional* se reconoce que realizan las operaciones con matrices de valores conocidos de seno y coseno del ángulo a modo de validación para que al desarrollar la matriz de transformación lineal la computadora efectúe los cálculos para todos los valores que puede tomar el robot; y, finalmente, el *contexto de significación* está dado por la permanencia de los valores de seno y coseno en la matriz de transformación lineal, aunque cambie el tamaño de los eslabones del robot, por integrar de forma explícita herramientas de la Trigonometría (triángulo, círculo y gráficas trascendentes).

4.4 Identidades trigonométricas

Cuando el profesor explicó problemas de cinemática directa durante las clases, cambió algunos elementos de la matriz de transformación lineal por identidades trigonométricas, según aplicó (fotografía 5). En los grupos de discusión la moderadora les preguntó a los estudiantes “¿para qué utilizan las identidades trigonométricas? (por ejemplo, $\cos^2\theta + \text{sen}^2\theta = 1$)”, con la intencionalidad

de identificar si mencionaban lo que dijo el profesor respecto a su uso en la cinemática directa: “permiten el balance entre el tiempo de la parte mecánica y de control del robot”.

• **Fotografía 5.** Identidades trigonométricas que explica el profesor a un estudiante hombre



Del análisis de la puesta en uso de lo trigonométrico se identifica que la *actividad* (¿para qué lo hacen?) es simplificar las operaciones matriciales que ejecuta el control y así se dé un balance con el tiempo de respuesta de la parte mecánica del robot. Se identifica, en el *contexto cultural*, el rol de la Robótica Industrial y su influencia en la funcionalidad de la matemática; el *contexto situacional* se reconoce que las partes del robot (control y mecánica) trabajan en diferentes tiempos; y, finalmente, el *contexto de significación* se identifica en el reconocimiento de las identidades trigonométricas que pueden sustituirse en la matriz de transformación lineal al integrar con la simbología de la Robótica el uso de las identidades trigonométricas.

5. Discusión

La triangulación entre las técnicas etnográficas, los datos de los participantes registrados en los instrumentos (cuadernos de notas, diarios de campos y guiones) y el control cruzado de las investigadoras para realizar el análisis cualitativo de los cuatro temas matemáticos en distintos momentos, nos da la confiabilidad del análisis de resultados.

Las técnicas etnográficas de observación participante y grupos de discusión nos permitieron registrar de manera sistematizada las producciones naturales de los participantes de la etapa *in situ*, por lo que, a diferencia de las investigaciones de diseño en la línea de lo trigonométrico (Torres-Corrales, 2014; Scholz, 2014; Cruz-Márquez, 2018), la actividad matemática no fue provocada intencionalmente, sino que emerge del propio problema que se busca resolver.

El análisis cualitativo de los temas del *repaso* nos permitió recrear, en la sección I, los episodios de los participantes donde pusieron en uso las nociones trigonométricas. Posteriormente, con la sección II analizamos los episodios con las herramientas críticas de sus prácticas, organizadas en cinco categorías (figuras, trabajo geométrico tipo y rol del diagrama, usos del ángulo y covariación), donde lo relevante fue identificar los contenidos matemáticos puestos en uso más que recabar la presencia o ausencia de estos, ya que cada tema del repaso posee una funcionalidad particular del escenario de la Robótica. Finalmente, en la sección III, retomamos las dos secciones previas para hacer un reconocimiento de las *acciones* (¿qué hacen?, ¿cómo lo hacen?), *actividades* (¿para qué lo hacen?) y *contextos* (cultural, situacional y de significación) de la puesta en uso de lo trigonométrico.

Con el análisis de los episodios, se realiza ahora un análisis transversal –del *repaso de la matemática*, de forma integral– para construir los argumentos que respondan a la pregunta de investigación: *¿qué características matemáticas y contextuales adquieren, en su uso, las nociones trigonométricas cuando el profesor y los estudiantes abordan el repaso para resolver problemas de Robótica Industrial?* Para ello, generamos un concentrado de cada tema del repaso, organizándolo en dos tablas: (1) de las herramientas de análisis crítico de las prácticas en torno a lo trigonométrico; y (2) de las actividades y los contextos. De esta manera, manifestamos metodológicamente el análisis de las prácticas de naturaleza observable y explícita del profesor y los estudiantes de la Ingeniería Mecatrónica, de donde reconocemos el *uso social* del objeto matemático de interés, las nociones trigonométricas, como un saber situado en el escenario compartido y funcional de la Robótica (cuadro 2).

• **Cuadro 2.** Síntesis del análisis cualitativo del repaso de la matemática

Noción trigonométrica	Características matemáticas	Características contextuales
Matriz de rotación	La matriz se forma de acuerdo con el ángulo de referencia del triángulo rectángulo, donde asocian al ángulo como un giro y este define a las razones de seno y coseno.	Representa el giro sucesivo de dos puntos de una articulación rotacional del robot.
Matriz de cambio de coordenadas	La matriz de cambio de coordenadas se forma al cambiar las filas y las columnas de la matriz de rotación, y es válida porque se trata de matrices ortogonales, donde la matriz inversa es igual a su transpuesta.	Representa otra perspectiva de la rotación, el giro sucesivo del sistema de coordenadas referencial cuando el punto de una articulación rotacional permanece fijo.

Noción trigonométrica	Características matemáticas	Características contextuales
Valores de seno y coseno de ángulos	Los valores provienen de la Trigonometría –triángulo rectángulo, círculo unitario y gráficas de funciones de seno y coseno del ángulo– y permanecen iguales al formarse el mismo ángulo.	Permanencia de los valores de senos y cosenos del ángulo sin importar el tamaño de los eslabones del robot.
Identidades trigonométricas	Las identidades tienen la función de simplificar las operaciones matriciales.	Ejecución eficiente de las operaciones matriciales por parte del control del robot para que la parte mecánica trabaje en balance.

Respecto al estudio histórico-epistemológico de Montiel (2011), a diferencia del escenario de la Astronomía, donde se transita de una realidad macro-no manipulable de los cuerpos celestes a un modelo geométrico (a escala), en la Robótica se transita de una realidad micro-manipulable del robot mediante el *teach pendant* (controla su movimiento) a un modelo en bosquejo (diagrama). Además, aunque en ambos escenarios se requiere la modelación geométrica para manipular el modelo, en la Astronomía se pone en uso un modelo predictivo de la posición y orientación del cuerpo celeste, y en la Robótica se pone en uso un modelo de control que permite especificar la tarea (movimientos) que el robot debe realizar.

De acuerdo con las características contextuales propias del escenario de la Robótica, para los temas de matriz de rotación y matriz de cambio de coordenadas, se pone en uso la noción de razón trigonométrica. Esto se argumenta a partir de la identificación implícita de la división de longitudes provenientes de las razones de seno y coseno del ángulo, ahora acompañada con el estudio del movimiento circular en los diagramas que modelan casos particulares de la situación del robot. Por lo que se estudia la covariación del ángulo-cateto, y con las matrices se calcula con exactitud el conjunto de valores sucesivos de los ángulos a medida que las articulaciones rotacionales del robot giran, conservando la misma magnitud del vector.

Respecto al tema de los valores de seno y coseno del ángulo, el profesor y los estudiantes los identifican como cantidades trigonométricas al expresar que provienen del triángulo rectángulo, círculo unitario y funciones trascendentes de seno y coseno del ángulo, y corresponden con cantidades no proporcionales. Esta interacción no se discute en la matemática escolar porque se atiende la razón trigonométrica como división de longitudes para obtener un tercer valor faltante (ver figura 1), de ahí la prevalencia del tratamiento aritmético y algebraico de estas nociones que señalan Montiel y Jácome (2014).

Del tema de identidades trigonométricas identificamos que se tiene la misma interacción de la matemática: simplificar operaciones, y por eso no aplica el trabajo geométrico y el estudio de

diagramas. Sin embargo, en la interacción del profesor y los estudiantes se da un sentido al cambio que se hace de los elementos de la matriz de transformación lineal por identidades: compensar el desfase del tiempo entre las partes (control y mecánica) del robot; y se hace un reconocimiento de cuáles identidades trigonométricas pueden sustituirse en la matriz de transformación lineal.

También del análisis transversal del *repaso de la matemática* identificamos que, con los diagramas en bosquejo, el profesor y los estudiantes analizaron la situación del robot en casos particulares, lo que permitió que se dieran los diversos usos del ángulo: como cualidad (giro antihorario) con referencia al plano cartesiano; como cantidad (en grados) fija y variable; y como relación (respecto a los ejes xy). En estos usos del ángulo se estudia su carácter dinámico porque, si bien aluden a posiciones plasmadas en los diagramas, asumen que, a medida que el robot se mueve, los valores del ángulo cambian y se genera un nuevo diagrama.

El *repaso* es una estrategia de la academia de profesores para reducir el índice de reprobación, de ahí que el *contexto cultural* (que da pertenencia al grupo humano) de los cuatro temas es el mismo: el rol de la Robótica Industrial y su influencia en la funcionalidad de la matemática. En cambio, el *contexto situacional* (las condiciones donde se realiza la actividad matemática) y el *contexto de significación* (que da forma y sentido a la matemática) fueron distintos para cada tema porque estos están enmarcados en aspectos técnicos de la Robótica y en axiomas del Álgebra Lineal, y con los cuales se manifiesta la funcionalidad de cada noción trigonométrica.

6. Conclusiones

El análisis del *repaso de la matemática* de la etapa *in situ* del estudio etnográfico de la Ingeniería Mecatrónica pone de manifiesto tres componentes: el rol de los diagramas, la permanencia y funcionalidad de la noción de razón trigonométrica, y la ausencia del significado lineal. Estos componentes señalan que el *repaso* va más allá de recuperar los contenidos de las Ciencias Básicas y sintetizarlos de forma previa a abordar temas de la asignatura profesionalizante (último año) de Robótica Industrial. Si bien esta estrategia didáctica para reducir el índice de reprobación ha resultado favorecedora, porque proporciona a los estudiantes el contenido matemático que inmediatamente pondrán en uso en los problemas disciplinares, algunas de sus características matemáticas son distintas respecto a las asignaturas de Matemáticas de las Ciencias Básicas.

En el primer componente, el rol de los diagramas se identifica que la puesta en uso de lo trigonométrico se materializa en bosquejos de triángulos rectángulos, donde incorporan la medición a través de métricas (relaciones cateto-cateto) en el plano cartesiano y el movimiento circular para modelar el problema, desarrollar las

matrices y justificar la solución numérica. Por lo que el diagrama tiene un rol doble: modela la situación bajo estudio (el movimiento del robot) y es un medio para justificar las operaciones matemáticas (matriciales en este caso). Esto contradice el rol único que suele favorecer la matemática escolar: obtener datos para realizar cálculos de casos donde el ángulo no varía, lo que podría incorporarse al rediseño de los procesos de transmisión didáctica de las asignaturas de Matemáticas. De esta manera, el estudiante tendría un nuevo *contexto de significación*: transitar de una realidad a un diagrama para estudiar la situación particular (estática o dinámica) y contar con un medio de validación de los tratamientos aritmético y algebraico de las nociones trigonométricas.

En el segundo componente, la permanencia y funcionalidad de la noción de razón trigonométrica, se identifica que en la puesta en uso de lo trigonométrico prevalece la relación ángulo-distancia en las matrices (relaciones cateto-cateto). De aquí que reconozcamos que la razón trigonométrica como noción matemática evoluciona y simultáneamente se vuelve más compleja por la especificidad del conocimiento disciplinar de la Ingeniería Mecatrónica: el escenario de la Robótica articula contenido de Cinemática (Física) y Álgebra Lineal. Además, aunque las nociones trigonométricas están integradas a las matrices, la noción mantiene su esencia porque lo trigonométrico sigue sus propias características matemáticas, a diferencia de las matrices que siguen los axiomas del Álgebra Lineal.

En el tercer componente, la ausencia del significado lineal (véase Montiel y Jácome, 2014) fue notoria en la puesta en uso de lo trigonométrico, cuando el profesor y los estudiantes evocaron a diferentes herramientas de la Trigonometría (triángulo, círculo y gráficas trascendentes), lo que manifiesta que reconocen como cantidad trigonométrica los valores de seno y coseno de las matrices. Por ejemplo, se forma el seno de 30° cuya cantidad trigonométrica es 0.5 en un objeto que mide 40 cm de cateto opuesto y 80 cm de hipotenusa, y en un objeto más grande que mide 1 m de cateto opuesto y 2 m de hipotenusa.

Esto podría incorporarse al rediseño de los procesos de transmisión didáctica de las asignaturas de Matemáticas, de manera que el estudiante tendría un nuevo *contexto de significación*: las herramientas de la Trigonometría le permitirían cerciorarse de que a valores iguales de ángulos se dan las mismas cantidades trigonométricas sin importar el tamaño del objeto, en contraste con su obtención mediante la calculadora científica. Si bien el significado lineal está ausente, este estudio etnográfico no nos permite identificar cuándo se dio su confrontación, aunque por la etapa documental (ver Torres-Corrales y Montiel, 2020) lo atribuimos a los diagramas y la articulación de sus características matemáticas que se da en las asignaturas de Ciencias de la Ingeniería (segundo y tercer año).

Dados los tres componentes expuestos, la forma en que el profesor aborda el *repaso de la matemática* puede aportar a articular y robustecer los contenidos trigonométricos en las asignaturas de Matemáticas de las Ciencias Básicas (y extenderse a otros niveles educativos previos con sus respectivas adaptaciones) con las características matemáticas y contextuales propias de la Ingeniería. Por lo que planteamos que, a través de un metaanálisis de estudios etnográficos de diversas asignaturas de Ciencias de la Ingeniería y Profesionalizantes, se podría asegurar que cualquier *repaso de la matemática* va más allá de recuperar los contenidos de las Ciencias Básicas y sintetizarlos previamente al abordar temas de la asignatura en cuestión, de esta manera se tendrían insumos con base en la investigación para elaborar propuestas de rediseño del discurso Matemático Escolar de la Ingeniería.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- Camarena, P. (2013). A treinta años de la teoría educativa “Matemática en el Contexto de las Ciencias”. *Innovación Educativa* 13(62), 17-44. <https://cutt.ly/2KZW4ZQ>
- Cantoral, R. y Farfán, R. (2003). Mathematics Education: A vision of its evolution. *Educational Studies in Mathematics* 53(3), 255-270. <https://doi.org/10.1023/A:1026008829822>
- Cantoral, R., Montiel, G. y Reyes-Gasperini, D. (2015). Análisis del discurso Matemático Escolar en los libros de texto, una mirada desde la Teoría Socioepistemológica. *Avances de Investigación en Educación Matemática* 8, 9-28. <https://doi.org/10.35763/aiem.v1i8.123>
- Cantoral, R., Reyes-Gasperini, D. y Montiel, G. (2014). Socioepistemología, Matemáticas y Realidad. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática* 7(3), 91-116. <https://bit.ly/3s8r0yA>
- Cruz-Márquez, G. (2018). *De Sirio a Ptolomeo: Una problematización de las nociones trigonométricas* [tesis de maestría]. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18095.64166>
- D’Ambrosio, U. (1985). Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. *For the Learning of Mathematics* 5(1), 44-48. <https://flm-journal.org/Articles/72AAA4C74C1AA8F2ADBC208D7E391C.pdf>
- Domínguez, P., Oliveros, M., Coronado, M. y Valdez, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación Educativa* 19(80), 15-32. <https://bit.ly/2WRwql6>
- Fàbregues, S. y Paré, M. (2016). Capítulo IV. La observación participante. En S. Fàbregues, J. Meneses, D. Rodríguez-Gómez y M. Paré (coords.), *Técnicas de investigación social y educativa* (pp. 193-221). Barcelona: Editorial UOC.
- Faulkner, B., Earl, K. y Herman, G. (2019). Mathematical maturity for engineering students. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education* 5, 1-32. <https://doi.org/10.1007/s40753-019-00083-8>
- Geertz, C. (2006). *La interpretación de las culturas*. Undécima Edición. España: Gedisa.
- Hammersley, M. y Atkinson, P. (1994). *Etnografía. Métodos de Investigación*. Segunda Edición. Barcelona: Paidós.

- Hinojos, J. y Farfán, R. (2017). Acerca de las nociones de estabilidad en electricidad, la relación entre el calor y la electricidad. *Revista De História Da Educação Matemática* 3(3). <https://cutt.ly/ZKVIDux>
- Hinojos, J., Farfán, R. y Orozco, M. (2021). An alternative to broaden the school-promoted meanings of mathematics in electrical sciences from socioepistemology. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 52(8), 1161-1174. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1741710>
- Jácome, G. (2011). *Estudio Socioepistemológico a las relaciones trigonométricas en el triángulo rectángulo. Un acercamiento a los significados construidos por el profesor* [tesis de maestría]. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional.
- Montiel, G. (2011). *Construcción de conocimiento trigonométrico. Un estudio Socioepistemológico*. México: Ediciones Díaz de Santos.
- Montiel, G. y Jácome, G. (2014). Significado trigonométrico en el profesor. *Boletim de Educação Matemática* 28(50), 1193-1216. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-4415v28n50a10>
- Penalva, C., Alaminos, A., Francés, F. y Santacreu, O. (2015). *La investigación cualitativa. Técnicas de investigación y análisis con Atlas.ti*. Ecuador: PYDLOS.
- Pepin, B., Biehler, R. y Guedet, G. (2021). Mathematics in Engineering Education: a Review of the Recent Literature with a View towards Innovative Practices. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education* 7, 163-188. <https://doi.org/10.1007/s40753-021-00139-8>
- Romo-Vásquez, A. (2014). La modelización matemática en la formación de ingenieros. *Revista Educación Matemática, especial 25 años*, 314-338. <https://cutt.ly/rKZEzV7>
- Rotaache, R. y Montiel, G. (2017). Aprendizaje del concepto escolar de ángulo en estudiantes mexicanos de nivel secundaria. *Educación Matemática* 29(1), 171-199. <https://doi.org/10.24844/EM2901.07>
- SEFI [European Society for Engineering Education] (2013). *A Framework for Mathematics Curricula in Engineering Education*. <https://cutt.ly/AKZEirp>
- Scholz, O. (2014). *Construcción de significados para lo trigonométrico en el contexto geométrico del círculo* [tesis de maestría]. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34414.10568>
- Torres-Corrales, D. (2014). *Un entorno geométrico para la resignificación de las razones trigonométricas en estudiantes de Ingeniería* [tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Sonora. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2993.5603/1>
- Torres-Corrales, D., López-Acosta, L. y Montiel, G. (2020). Experiencias formativas de investigadores en el desarrollo de proyectos doctorales de Matemática Educativa. En Sánchez-Luján, B. e Hinojosa-Luján, R. (coords.). *Trazas de la investigación educativa en la experiencia de sus Quijotes: Reflexiones y aportes* (pp. 103-119). Red de Investigadores Educativos Chihuahua. <https://www.rediech.org/omp/index.php/editorial/catalog/book/14>
- Torres-Corrales, D. y Montiel, G. (2019). Characterization of uses of trigonometric notions in Mechatronics Engineering from Mathematics Education. *ECORFAN Journal-Spain* 6(10), 9-21. <https://doi.org/10.35429/EJS.2019.10.6.9.21>
- Torres-Corrales, D. y Montiel, G. (2020). La desarticulación matemática en Ingeniería. Una alternativa para su estudio y atención, desde la Matemática Educativa. *Nóesis. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades* 29(58-1), 24-55. <https://doi.org/10.20983/noesis.2020.3.2>
- Torres-Corrales, D. y Montiel-Espinosa, G. (2021). Resignificación de la razón trigonométrica en estudiantes de primer año de Ingeniería. *Revista Educación Matemática* 33(3), 202-232. <https://doi.org/10.24844/EM3303.08>
- Tuyub, I. y Buendía, G. (2017). Gráficas lineales: un proceso de significación a partir de su uso en ingeniería. *Revista de Investigación Educativa de la Rediech* 8(15), 11-28. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v8i15.44

[INNOVUS]

Compromiso del aprendizaje adulto y andragogía: Una revisión sistemática de literatura

Samara Guzman-Enriquez
Katherina Edith Gallardo Córdova
Tecnológico de Monterrey, México

Resumen

Investigación para comprender la evolución y complejidad del compromiso de aprendizaje adulto y su relación con la Andragogía. Finalidad: Identificar componentes del compromiso de aprendizaje, instrumentos de medición existentes, elementos de andragogía y adaptaciones propuestas en educación superior. Revisión sistemática de literatura del compromiso de aprendizaje, entre 2010 y 2020 en *Scielo*, *Scopus* y *Web of Science*. De 164 artículos se analizaron 22 de acceso abierto con instrumentos cuantitativos. Resultados: Diversidad en la conceptualización teórica, operacionalización y herramientas de medición. Se identificaron 27 instrumentos y 101 dimensiones que se agrupan en cuatro subconstructos: agencial, cognitivo, conductual y emocional. En los instrumentos no se identificó de manera precisa la vinculación entre andragogía y compromiso de aprendizaje adulto. Conclusión: Aunque existen estudios que miden el compromiso de aprendizaje adulto, es preciso atender áreas de oportunidad en definición y medición e integrar variables relativas al bienestar y desarrollo integral.

Adult Learner Engagement and Andragogy: A Systematic Review of Literature

Abstract

Research to understand the evolution and complexity of Adult Learner Engagement and its relationship with Andragogy. Purpose: to identify components of Learner Engagement, the existing measurement instruments, elements of andragogy and proposed adaptations in higher education. A systematic review of the Learning Commitment literature, between 2010 and 2020 in Scielo, Scopus and Web of Science. Of 164 articles, 22 open access articles were analyzed with quantitative instruments. Results: diversity in theoretical conceptualization, operationalization, and measurement tools. 27 instruments and 101 dimensions were identified that can be grouped into four subconstructs: agency, cognitive, behavioural, and emotional. The instruments did not precisely identify the link between Andragogy and Adult Learner Engagement. Conclu-

Palabras clave

Compromiso académico; educación superior; estudiante adulto; escala; involucramiento; innovación educativa; medición de instrumentos; participación; sistematización de literatura.

Keywords

Academic Engagement; Academic Commitment; Higher Education; Adult Student; Scale; Involvement; Educational Innovation; Instrument Measurement; Participation; Systematization of Literature.

Recibido: 13/08/2021
Aceptado: 04/09/2022

sion: some studies measure the learning commitment of adult students; It is necessary to address areas of opportunity in definition and measurement, integrating variables related to well-being and integral development.

1. Introducción

En el 2016 la UNESCO situó a la educación de adultos como un factor clave en la sociedad actual por su contribución al desarrollo sostenible para el año 2030 (Fombona *et al.*, 2019). Sin duda, los principios propuestos por la andragogía constituyen uno de los pilares formativos de mayor relevancia en la sociedad del conocimiento. En esta nueva sociedad, como señala Drucker (1969, en Sánchez, 2006), las empresas son sólo herramientas para que la sociedad obtenga lo que espera y necesita. Los empresarios y su equipo de colaboradores son los que las gobiernan al planear, hacer, decidir e influir en los resultados de las empresas. Con base en este antecedente, se entiende la relevancia del proceso de aprendizaje en adultos y su incidencia para el desarrollo socioeconómico de las naciones.

La investigación alrededor del adulto como estudiante ha sido un tema relevante para la comunidad educativa por varias décadas. Knowles (1980) señala que el estudiante adulto es un estudiante autodirigido para quien su propia experiencia es su máspreciado recurso de aprendizaje. El adulto tiene una motivación interna para aprender, por lo que busca que lo aprendido tenga aplicación inmediata. El estudiante adulto tiene mayor disposición a aprender en función de sus tareas y roles de pareja, con los hijos, en su trabajo y como ciudadano. Dentro de las múltiples investigaciones alrededor del estudiante adulto se sitúan las del compromiso de aprendizaje (Guzman-Enriquez y Castillo, 2019; Henrie *et al.*, 2015; Reeve y Tseng 2011). Puede considerarse que el compromiso de aprendizaje de los estudiantes (CAE) es un tema de creciente interés para diversas comunidades educativas a nivel mundial, en aras de aplicar estrategias para fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Dada la importancia que han cobrado en los últimos años, tanto la andragogía como el CAE, se estima relevante profundizar en ambas áreas de estudio. También se requiere indagar desde un enfoque conceptual que contemple principios andragógicos. Ahora, más que nunca, estos temas deben converger para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje del estudiante adulto de educación superior, muy particularmente en esta nueva década que inicia con varios retos relacionados con el diseño de estrategias para generar procesos de aprendizaje autodirigidos y por medios electrónicos.

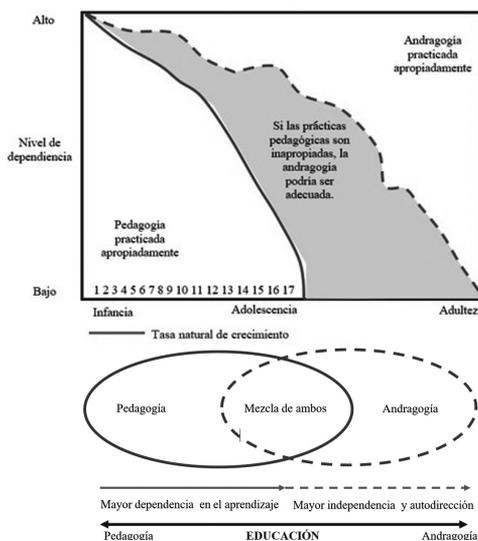
En este estudio, el punto de atención gira alrededor de conocer las alternativas desarrolladas a la fecha para estimar el nivel de compromiso de aprendizaje de estudiantes adultos en educación superior (en adelante: CAE-AES). Se espera encontrar una serie de instrumentos de medición. No obstante, la manera en que se aproxima y mide el CAE-AES podría ser uno de los aspectos menos clarificados en cuanto al desarrollo y evolución de este constructo. Por lo anterior, este estudio identifica los elementos de la andragogía que se están considerando en el CAE-AES, los instrumentos de medición, los subconstructos y las dimensiones o factores que lo estructuran teórica u operacionalmente.

2. Marco teórico

2.1 Andragogía

En la segunda mitad del siglo XX, Knowles (1980) presentó su teoría sobre la andragogía. Esta aportación abrió un horizonte con mayor fundamento hacia la investigación de los estudiantes adultos. Sus conceptos han sido revisados y utilizados por varios investigadores a lo largo de 40 años (Clancy, 1985; Elias, 1979; Long, 1990; Merriam y Baumgartner, 2020; Smith, 2002). Knowles (1980) indicó que la educación podría ser un *continuum* donde en un extremo se encuentra la pedagogía y en el otro la andragogía. En función de la madurez y grado de autodirección del estudiante frente a una actividad en particular (figura 1) se pueden adaptar las técnicas pedagógicas, las andragógicas o una mezcla de ambas.

Figura 1. Proceso natural y cultural para la autodirección



Fuente: Adaptación de Knowles (1973; Knowles *et al.*, 2005)

El modelo de andragogía tiene características propias que lo distinguen de la pedagogía (Knowles, 1980). A continuación, se presentan cinco principios por destacar: I) El adulto pasa de ser dependiente a autodirigido; II) Su experiencia es un recurso para el aprendizaje, tanto para ellos mismos como para terceros; III) Tiene mayor disposición a aprender en función de sus roles sociales y las tareas que debe desempeñar en ellas: empleado(a), pareja, padre-madre, hijo(a) de padres ancianos, ciudadano(a), amigo(a), miembro de la organización, afiliado(a) religioso y usuario(a) de tiempo libre (Havighurst, 1961, en Knowles, 1980); IV) Su aprendizaje tiene aplicación inmediata para resolver un problema, y V) Su motivación para aprender es principalmente interna.

Además de acuñar las diferencias entre pedagogía y andragogía, Knowles (1980) recomendó considerar, entre otros, los siguientes aspectos en cuanto a la educación de adultos: I) Centrar el entorno de aprendizaje en las experiencias y con aplicación práctica; II) Evitar la organización del currículum centrado en asignaturas y preferir la centrada en problemas a resolver; III) Diagnosticar necesidades e involucrar al estudiante en la planificación; IV) Planificar las experiencias de aprendizaje en función de las necesidades de los adultos; V) Evaluar el aprendizaje en función de las metas propuestas por el propio estudiante y mediante una estrategia combinada y mutua, por el profesor y el mismo estudiante; VI) Dialogar sobre las experiencias de los estudiantes para facilitar el nuevo aprendizaje; VII) Tener una variedad de actividades de aprendizaje para diversos subgrupos, pudiendo establecer grados de flexibilidad de elección; y VIII) Capacitar a los profesores en su rol como facilitadores de aprendizaje y como desarrolladores de experiencias propias para los estudiantes.

La andragogía es un tema que se sigue estudiando y que cimienta prácticas tan relevantes para nuestra sociedad como el aprendizaje a lo largo de la vida (Merriam y Baumgartner, 2020). Los principios expuestos por Knowles (1980) y otros investigadores del estudiante adulto integran elementos que permiten entenderlo mejor. Con esto también se podría abordar su compromiso de aprendizaje. Es preciso seguir estudiando esta relación para el diseño de ambientes de enseñanza y aprendizaje efectivos.

2.2 Compromiso de aprendizaje de los estudiantes

A principios del siglo XX el término compromiso (Engagement) se volvió parte de las temáticas a abordar, tanto en áreas laborales (Kowalski y Podlesny, 1900) como académicas (Boggs, 1907). El concepto compromiso de aprendizaje ha evolucionado en las últimas décadas (Astin, 1984; Azevedo, 2015; Berger y Milem, 1999; Bond *et al.*, 2020). Existen diversos esfuerzos para conceptualizar y medir el compromiso de aprendizaje de los estudiantes (CAE) (Henrie *et al.*, 2015; Lam *et al.*, 2014). Por ejemplo,

Fredricks *et al.* (2004) consideran que el CAE es multifacético, maleable y susceptible al cambio en función del contexto. Estos autores describen al CAE desde tres subconstructos: emocional, cognitivo y conductual. Reeve y Tseng (2011), Tomás *et al.* (2016) y Veiga (2013) reconocen la multidimensionalidad del constructo CAE. Adicionalmente al emocional, cognitivo y conductual consideran un cuarto subconstructo: el agencial o agentico. Guzmán y Castillo (2019) enriquecen esta propuesta al sugerir que diversos factores propios del estudiante y de sus entornos familiar, escolar, sociodemográfico, cultural, tecnológico, económico, político-legal y geográfico-ambiental influyen en el corto, mediano y largo plazo al CAE.

De la misma forma que diversos investigadores han buscado conceptualizar teórica y operacionalmente el CAE, también se han generado esfuerzos para instrumentar diversas formas para medir este constructo. Henrie *et al.* (2015) reportaron en una revisión sistemática de literatura que el 60 % de los estudios utilizó autoreportes cuantitativos y el 40 % métodos cualitativos para medirlo. También se ha explorado la medición con sensores biofisiológicos (Lu *et al.*, 2019; Azevedo, 2015). Henrie *et al.* (2015) presentan diversos instrumentos con validez interna a través del valor Alfa de Cronbach. El instrumento que mide cuatro subconstructos (agencial, cognitivo, conductual y emocional) es el SES-4DS con 0.80-0.85. La escala de participación estudiantil, con 0.91, es la que mayor valor tiene dentro de los instrumentos que miden tres subconstructos: cognitivo, conductual y emocional y el cuestionario de interés percibido, con 0.92, es el que contó con mayor valor entre los instrumentos que miden un sólo subconstructo, el emocional.

Derivado del papel que los estudiantes adultos tienen en el futuro de las naciones, entender mejor cómo se articula y fortalece su compromiso del aprendizaje se vuelve un punto vital para los estudios psicoeducativos. Por lo tanto, se aboca a responder las siguientes preguntas de investigación: I) ¿Qué subconstructos y dimensiones se consideran para definir el compromiso de aprendizaje de estudiantes adultos en educación superior (CAE-AES) y con qué instrumentos se miden?; II) ¿Qué elementos de la andragogía se identifican en los estudios en los que se reporta haber trabajado con estudiantes adultos?, y III) ¿Qué reflexiones con respecto al CAE-AES se pueden obtener a partir de las publicaciones revisadas?

3. Metodología

Para responder a las preguntas de investigación se optó por realizar una revisión sistemática de literatura (RSL) con base en artículos que incluyan instrumentos de corte cuantitativo con rigor psicométrico para medir el CAE-AES. La metodología RSL permite

conducir una investigación imparcial al ser auditable y repetible para analizar investigaciones primarias (Kitchenham *et al.*, 2010). Para que una RSL sea sistemática requiere que se planteen estándares y que estos se implementen (Caracelli y Cooksy, 2013). Nutley *et al.* (2007 en Caracelli y Cooksy, 2013) consideran que primero es necesario determinar las preguntas de investigación para establecer los protocolos de búsqueda y, de esta manera, identificar estudios relevantes, evaluar su calidad, analizar, sintetizar e interpretar hallazgos, así como también para actualizar las revisiones. Para llevar a cabo el proceso de indagación, se consultaron tres bases de datos: *Scielo (Sci)*, *Scopus (Sco)* y *Web of Science (WSc)*.

En las bases de datos se sistematizó el proceso de búsqueda (*tabla 1) con los pasos descritos a continuación:

(1) Se buscaron publicaciones que incluyeran en el título, tanto en español como en inglés, alguna de las siguientes palabras: compromiso, involucramiento o *engagement*. Se obtuvieron un total de 154,972 publicaciones: 1076 de Sci, 39 435 de Sco y 114 461 de WSc.

(2) Se incluyó en el título alguna de las siguientes palabras: psicométrico, cuestionario, encuesta, escala, instrumento, medición, *test*, *psychometric*, *instrument*, *measure*, *measuring*, *scale*, *survey*. Se acotó en 4 416 publicaciones: 40 de Sci (tabla 2), 1 290 de Sco y 3 116 de WSc.

(3) Se agregó al título aprendizaje: académico, aprendiz, entrenado, escolar, estudiante, tutelado, *learner*, *academic*, *apprentice*, *mentee*, *novice*, *schoolar*, *student*, *trainee*, *tutee*. Con esto se logró disminuir a 511 publicaciones: 4 de Sci, 255 de Sco y 252 de WSc.

(4) Se incluyó en todos los campos o índices: educación superior, universidad, diplomado, certificado, licenciatura, maestría, doctorado, especialidad, educación continua, estudios superiores, *college*, *university*, *undergraduate*, *underdegree*, *degree*, *bachelor*, *master*, *doctorate*, *specialty*, *post-secondary*, *terciary*, *diplomate*, *certificate*, *continuing education*, *lifelong learning*, *higher education*. Esto redujo a 443 publicaciones: 2 de Sci, 242 de Sco y 199 de WSc.

(5) Se limitó la búsqueda para incluir sólo publicaciones del año 2010 al 2020 (junio). Así se logró tener 387 publicaciones: 2 de Sci, 207 de Sco y 178 de WSc.

(6) Con la finalidad de eliminar investigaciones con estudiantes menores de edad, se excluyó de todos los campos o índices: niño, adolescente; *kinder*, primaria, secundaria, preparatoria; *child*, *children*, *teenager*; *kindergarten*, *pre primary school*, *elementary school*, *primary school*, *secondary school* o *high school*.

*Si desea consultar las tablas, haga clic en el enlace del apéndice que se encuentra ubicado al final del documento.

Por ello se limitó a 251 publicaciones: 2 de Sci, 97 de Sco y 152 de WSc.

(7) Se filtró para tener solamente artículos, por lo que quedaron 164: 2 de Sci, 54 de Sco (tabla 3) y 108 de WSc (tabla 4).

(8) Se acotó la selección de artículos de acceso abierto con las cadenas booleanas (tabla 5), logrando identificar 55 artículos (tabla 6).

(9) De los 55 artículos de acceso abierto se descartaron 13 duplicados y 20 que no se relacionaron directamente con la medición del compromiso de aprendizaje de estudiantes adultos en educación superior (CAE-AES) a través de instrumentos cuantitativos de rigor psicométrico (tabla 7). En total, se analizaron 22 artículos (tabla 8).

4. Resultados

4.1 Subconstructos, dimensiones, instrumentos de medición

En las investigaciones revisadas se identificaron 101 dimensiones o factores para explicar estructural y operativamente el CAE-AES. Estas dimensiones pueden estar explícita o implícitamente agrupadas en uno o más subconstructos. Así mismo, se utilizaron para medir al CAE-AES o correlacionar 27 diferentes instrumentos de medición. Algunas publicaciones utilizaron instrumentos para medir uno o dos subconstructos del CAE-AES. Dixon (2015) utiliza *The Online Student Engagement Scale* con estudiantes de cursos en línea para medir al subconstructo conductual con 19 preguntas. Jones (2019) aplica su propio instrumento *The MUSIC® Model of Motivation theory* para medir, con 26 preguntas, el subconstructo conductual. Utiliza cinco dimensiones: consideración (*caring*), empoderamiento, éxito, interés y utilidad. Barlow *et al.* (2020) proponen un instrumento de 18 preguntas para medir el subconstructo cognitivo a través de cinco dimensiones: interacción con pares, tomar notas constructivamente, tomar notas activamente, proceso activo y proceso pasivo. Esta propuesta se basa en el marco de referencia ICAP (Interactivo, Constructivo, Activo y Pasivo).

En su investigación, Aspeé *et al.* (2019) se enfocaron al subconstructo conductual para estudiar el compromiso académico vinculando con el compromiso ciudadano. Elaboraron un instrumento propio con 30 preguntas, adoptaron algunas preguntas de la NSSE. Su instrumento midió el comportamiento desde tres factores: orientación académica (incluye: esfuerzo académico, asistencia voluntaria, relación con docentes), orientación personal-integral (incluye: trabajo en equipo, apoyo a pares, bienestar corporal, tolerancia al otro, desarrollo cultural) y orientación ciudadana (que mide: adscripción política, ejercicio de ciudadanía, capacidad deliberativa o dialógica).

Ketonen *et al.* (2019) enfatizaron en su investigación el análisis del subconstructo emocional. Para ello utilizaron cuatro instrumentos de medición: *The Control-Value Theory of Achie-*

vement Emotions con nueve preguntas para medir el valor de la actividad, las emociones positivas y negativas. *The Life Scale* con cinco preguntas para medir la satisfacción con la vida. *The Short Beck's Depression Inventory* con trece preguntas para medir la depresión. También utilizaron el *UTRECHt Work Engagement Scale* (UWES), en su versión de nueve preguntas (UWES-9), para medir absorción, dedicación y vigor, pero no fueron claramente identificadas por los autores como parte de alguno de los subconstructos.

Wiggins *et al.* (2017) con *The Assessing Student Perspective of Engagement in Class Tool*, de dieciséis preguntas, midieron los subconstructos cognitivo y emocional. Elphinstone y Tinker (2017), por su lado, utilizaron tres instrumentos para medir dos subconstructos: el cognitivo y el conductual. *The Motivation and Engagement Scale–University/College*, con cuarenta y cuatro preguntas, evaluó once dimensiones: ansiedad, autoconfianza, auto-sabotaje, control, enfoque en el aprendizaje, evitación de errores, gestión de tareas, no comprometerse (*disengagement*), persistencia, planificación y valoración. *The Meaningfulness and Belonging Scale*, con nueve preguntas, midió dos dimensiones: significado de los estudios y pertenencia. Adicionalmente, evaluaron el diferimiento de estudios al terminar preparatoria con una pregunta.

Peña *et al.* (2017) agruparon las seis dimensiones con las que miden el CAE-AES en dos subconstructos: el conductual y el emocional. En su investigación buscaron relacionar el CAE-AES y la personalidad resistente con rendimiento académico. Emplearon dos instrumentos. La escala de compromiso académico, con 102 preguntas, midió seis dimensiones: apego a la universidad, integración social, atención en clase, dedicación, focalización en la tarea y participación activa. La personalidad resistente o fortaleza (Hardiness) académica, con 12 preguntas, midió tres dimensiones: desafío al cambio, control para influir en el propio futuro y compromiso con factores de vida, trabajo, familiar, pasatiempos y su propio yo.

Saxton *et al.* (2017) priorizaron en su investigación lo no-cognitivo: conductual y emocional. Propusieron un instrumento de 52 preguntas para medir once dimensiones: compromiso conductual, desafección conductual, compromiso emocional, desafección emocional, evaluaciones de los estudiantes sobre su propia competencia, autonomía, sentido de pertenencia, identidades emergentes de los estudiantes como científicos, su propósito en la ciencia, sus planes de carrera científica y relaciones de colaboración.

Barlow *et al.* (2020) y Santana *et al.* (2018) presentaron en su marco teórico cuatro subconstructos: agencial, cognitivo, conductual y emocional. Ninguno midió al agencial. Barlow *et al.* solo midió un subconstructo y los otros autores midieron tres. Aspeé *et al.* (2019), Fuller *et al.* (2018), Ketonen *et al.*, (2019), Lee *et al.* (2019), Roh y Jang (2017) y Wiggins *et al.* (2017) reconocieron

en su marco teórico tres subconstructos: cognitivo, conductual y emocional. De ellos, solamente Fuller *et al.* y Lee *et al.* midieron a los tres en su investigación.

Fuller *et al.* (2018) elaboraron una encuesta con seis preguntas para medir los tres subconstructos: cognitivo, conductual y emocional del CAE-AES, enfocada a determinadas actividades. Para su encuesta se basaron en tres instrumentos de medición: *The Schools Engagement Measure*, *The Engagement vs Disaffection with Learning* y *The Motivated Strategies for Learning* (MSLQ). En esta investigación se trianguló con observación, medición del ritmo cardíaco y grupos de enfoque. Lee *et al.* (2019) propusieron un instrumento de 24 preguntas para medir tres subconstructos (cognitivo, conductual y emocional) a través de seis dimensiones: motivación psicológica y apoyo de la comunidad (emocional), colaboración entre pares o aprendizaje colaborativo y resolución de problemas (cognitivos) e interacciones con los instructores y gestión del aprendizaje en el entorno de e-learning (conductual). Santana *et al.* (2018) adaptaron la escala de compromiso estudiantil de Burch *et al.* (2015) para medir con 12 preguntas tres subconstructos: cognitivo, emocional y físico.

El psicométrico *UTRECHT Work Engagement Scale-Students* (UWES-S) midió de origen tres dimensiones: absorción, dedicación y vigor. Tiene versiones con nueve a diecisiete preguntas. Es utilizado por Carmona-Halty *et al.* (2018), Ketonen *et al.* (2019), Portalanza *et al.* (2017), Tayama *et al.* (2019) y Tsubakita *et al.* (2017). En la publicación de Portalanza *et al.* se validó un modelo de dos escalas: dedicación y vigor-absorción. En su investigación, Tayama *et al.* vincularon la absorción, dedicación y vigor con el apoyo social, resiliencia y felicidad. Para ello utilizaron tres instrumentos: *The Social Support Questionnaire* (SSQ), con seis preguntas, *The Resilience Scale* con catorce preguntas y *The Subjective Happiness Scale* con cuatro preguntas.

Así mismo, la *National Survey of Student Engagement* (NSSE) tuvo ciento cuatro preguntas: con cuarenta y ocho de ellas midieron cinco dimensiones y con las cincuenta y seis preguntas restantes evaluaron caracterización individual, antecedentes e información demográfica. La NSSE fue utilizada por Almutairi y White (2018), Junco *et al.* (2013) y Zapata *et al.* (2018). Junco *et al.* adaptaron diecinueve preguntas de la NSEE para medir el CAE-AES y relacionarlo con el uso de Twitter como herramienta de colaboración académica. Zapata *et al.* (2018) midieron cada una de las cinco dimensiones de la NSSE, que a su vez estuvieron integradas por varios índices: I) Desafío académico, que incluye aprendizaje de orden superior; aprendizaje reflexivo e integrativo, y estrategias de aprendizaje y razonamiento cuantitativo; II) Aprendizaje con pares: aprendizaje colaborativo e interacción

con otros; III) Experiencia con docentes: interacción estudiante-docente y prácticas docentes efectivas; IV) Entorno institucional: calidad de las interacciones y apoyo institucional, y V) Prácticas de alto impacto: involucramiento en comunidades de aprendizaje; participación en cursos de aprendizaje y servicio; trabajo con profesores (proyectos, ayudantías, prácticas, etc.); desarrollo de pasantías o intercambio estudiantil, y desarrollo de prácticas de egreso exitosas (tesis, prácticas, portafolios, exámenes, etc.).

Adicionalmente a la NSSE, Almutairi y White (2018) utilizaron dos psicométricos: *The UK Engagement Survey* y *Student Engagement Questionnaire*. Con treinta y seis preguntas midieron nueve dimensiones en cursos en línea abiertos masivos (MOOC) que también son semipresenciales. Los autores evaluaron aprendizaje activo con MOOC; aprendizaje colaborativo con y sin MOOC; aprendizaje de orden superior; aprendizaje reflexivo e integrador; enseñanza con MOOC; y estrategias de aprendizaje, interacción estudiante/personal e interacción social con MOOC.

Roh y Jang (2017) utilizaron cinco instrumentos para medir factores relacionados con las actividades de simulación que pueden influir en el compromiso de aprendizaje de estudiantes del sector salud. Tres instrumentos midieron las características de la actividad de simulación (*Debriefing characteristics*, *Debriefing Assessment for Simulation in Healthcare – Student Version* y *The Korean version of the Simulation Design Scale*) y dos instrumentos midieron las habilidades de comunicación y el estrés (*The Communication Skills Scale* y *Clinical-Based Stress Scale for Korean Nursing Students*).

Los instrumentos de medición del CAE-AES utilizados en las publicaciones presentaron consistencia interna variada. Trece artículos reportaron en sus resultados valores Alfa de Cronbach tanto superiores como inferiores a 0.80 (Almutairi y White, 2018; Barlow *et al.*, 2020; Carmona-Halty *et al.*, 2018; Elphinstone y Tinker, 2017; Fuller *et al.*, 2018; Jones, 2019; Junco *et al.*, 2013; Ketonen *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2019; Peña *et al.*, 2017; Saxton *et al.*, 2017; Wiggins *et al.*, 2017 y Zapata *et al.*, 2018). Siete investigaciones reportaron únicamente valores arriba de 0.80 (Aspeé *et al.*, 2019; Dixon, 2015; Hong *et al.*, 2019; Portalanza *et al.*, 2017; Roh y Jang, 2017; Santana *et al.*, 2018 y Tayama *et al.*, 2019). Finalmente, en dos artículos no se identificó la información sobre la consistencia interna de sus instrumentos a través del Alfa de Cronbach (Leep *et al.*, 2018 y Tsubakita *et al.*, 2017).

4.2 Elementos de andragogía

En todos los artículos revisados se reportó que en las muestras participaron estudiantes de educación superior y, por lo mismo, adultos. Sin embargo, no se identificó que los elementos propios de la andragogía se integraran explícitamente en los instrumentos

de medición del compromiso de aprendizaje de los estudiantes adultos. Ocho publicaciones incluyeron implícitamente algunos elementos propios de la andragogía (Aspeé *et al.*, 2019; Elphinstone y Tinker, 2017; Jones, 2019; Lee *et al.*, 2019; Leep *et al.*, 2018; Peña *et al.*, 2017; Roh y Jang, 2017 y Zapata *et al.*, 2018).

La NSSE midió la experiencia (Zapata *et al.*, 2018). Los estudiantes de 25 años o más tuvieron un rendimiento superior que los más jóvenes, debido a una mayor experiencia de vida, mejores habilidades de gestión del tiempo y una mayor capacidad para elaborar información (McKenzie y Gow, 2004 y Trueman y Hartley, 1996 en Elphinstone y Tinker, 2017). Adicionalmente, Peña *et al.* (2017) plantearon que el CAE-AES involucra tanto a estudiantes como a la institución educativa “para optimizar la experiencia y mejorar el resultado del aprendizaje, el desarrollo del estudiante y la reputación de la institución” (p. 117).

Lee *et al.* (2019) resaltaron que los estudiantes en línea son autodirigidos y con motivación intrínseca. El instrumento The MUSIC® Model of Motivation Theory (Jones, 2019) consideró entre otras mediciones la influencia que los estudiantes tienen en las actividades de aprendizaje, la utilidad para sus metas y su motivación intrínseca.

Aspeé *et al.* (2019) promovieron el desarrollo integral (académico, ciudadano, físico y cultural). Peña *et al.* (2017) se basaron en Nowack (1991), quien consideró que, con una personalidad resistente, el adulto se compromete, se involucra en diversas actividades (laboral, familiares, de pasatiempo). Estos autores midieron también esta dimensión de compromiso no académico. Por su parte, Leep *et al.* (2018) y Roh y Jang (2017) manifestaron el estrés de los estudiantes del sector salud en sus prácticas, que pudo deberse a la propia actividad o al doble rol: practicantes que están aprendiendo y prestadores de servicios de salud.

Lee *et al.* (2019) resaltaron que los estudiantes en línea aplicaron su aprendizaje en problemas reales. Leep *et al.* (2018) midieron las prácticas académicas que aportaron mayor valor agregado a los estudiantes. Por su lado, Roh y Jang (2017) evaluaron el estrés de los estudiantes de salud y la forma en que impactó en su compromiso y capacidad de resolver problemas propios del sector salud. En el instrumento propuesto por Aspeé *et al.* (2019) existieron preguntas relacionadas con participar en proyectos sociales y externar opinión sobre los problemas sociales. La NSSE-13, contó con una pregunta relacionada a aplicar teorías o métodos a problemas prácticos (Zapata *et al.*, 2018).

4.3 Reflexiones sobre el CAE-AES

De las publicaciones revisadas, se integraron reflexiones en relación con el objetivo de esta investigación, relacionado con las dimensiones, los subconstructos del CAE-AES y su aplicación.

Algunas investigaciones trataron de vincular al CAE con el mejoramiento de la calidad institucional (Zapata *et al.*, 2018) y el rendimiento académico (Peña *et al.*, 2017). Sin embargo, esto minimizó el enfoque en el estudiante con sus propias experiencias (Aspeé *et al.*, 2019) y la percepción que los mismos estudiantes tienen en el valor o utilidad de las actividades académicas y las emociones que éstas les generan (Ketonen *et al.*, 2019).

Se hallaron publicaciones que sugirieron considerar otras variables relacionadas con el CAE, como por ejemplo: la subjetividad afectada por el compromiso, la influencia de los contextos en el compromiso (Aspeé *et al.*, 2019); la cultura, las instituciones educativas, el nivel de compromiso previo a ingresar a estudios superior, los programas curriculares de las diferentes áreas de estudio de nivel superior (Peña *et al.*, 2017); las diferencias culturales (Portalanza *et al.*, 2017); “la deserción, prosecución, satisfacción, entre otras” (Peña *et al.*, 2017, p. 134).

Las actividades de los estudiantes se consideraron “trabajo” desde una perspectiva psicológica (Carmona-Halty *et al.*, 2018 y Tayama *et al.*, 2019). Por tal motivo, se utilizó el modelo de demanda de recursos laborales (Bakker y Demerouti, 2007; Schaufeli *et al.*, 2009, en Tayama *et al.*, 2019). Este modelo sugirió que el estrés es una respuesta a un desequilibrio entre las demandas de resultados (por ejemplo: desempeño académico, promedio de calificaciones, rendimiento futuro) y los recursos (por ejemplo: control, retroalimentación, facilitadores -institucionales, sociales, personales-). Se consideró al compromiso como un mediador entre las demandas y los recursos.

Adicionalmente, Tayama *et al.* (2019) introdujeron una serie de investigaciones para tomar en cuenta. Por citar algunas: el apoyo social impactó positivamente al compromiso (Schaufeli y Bakker, 2004 en Tayama *et al.*, 2019); las altas demandas de estudio y deficiente apoyo social disminuyeron el bienestar de los estudiantes y provocaron un bajo rendimiento académico (Cotton *et al.*, 2002 en Tayama *et al.*, 2019); la resiliencia predijo vigor, dedicación y absorción; y se relacionó con el compromiso (Nishi *et al.*, 2016 en Tayama *et al.*, 2019). Se consideró que un alto nivel de compromiso mejoró la felicidad al ejecutar las tareas (Bakker y Oerlemans, 2016 en Tayama *et al.*, 2019).

Resultó difícil medir el compromiso de aprendizaje de los estudiantes (CAE) al utilizar técnicas de observación sin analizar sus tareas o actitudes (Chi y Wylie, 2014; Hart, 1994, Radford *et al.*, 1995 en Wiggins *et al.*, 2017). Con las encuestas contestadas directamente por los estudiantes se obtuvo mayor información, pero pudo existir sesgo en la precisión de sus propios niveles de CAE (Assor y Connell, 1992 en Wiggins *et al.*, 2017). Los instrumentos de medición del CAE se diseñaron para materias presenciales existiendo áreas de oportunidad en las materias en línea (Lee *et al.*, 2019). Los instrumentos midieron el CAE en relación con una

actividad académica (Fuller *et al.*, 2018; Hong *et al.* 2019; Ketonen *et al.*, 2019); una materia (Jones, 2019; Kong *et al.* 2003 y Wigfield *et al.*, 2008 en Almutairi y White, 2018); una identidad, como por ejemplo la STEM (Saxton *et al.*, 2017); un ciclo escolar o todo un programa académico. En este sentido, Aspeé *et al.* (2019) distinguieron actividades con mayor repercusión en el CAE y el éxito académico. Por su lado, Fuller *et al.* (2018) destacaron que las emociones de los estudiantes, antes, durante y después de realizar una actividad impactaron en la motivación y en el CAE.

Zapata *et al.* (2018) plantearon que durante los últimos 15 años se ha “subestimado la experiencia estudiantil y el foco en los resultados de aprendizaje” (p.11). Así mismo, el *continuum* de la vida académica-laboral fue raramente investigado (Upadyaya y Salmela-Aro, 2013 en Carmona-Halty *et al.*, 2018). Por otro lado, Hong *et al.* (2019), Leep *et al.* (2018) y Roh y Jang (2017) presentaron ejemplos de este *continuum* al investigar en relación con actividades de valor agregado o de simulación en las prácticas de estudiantes del sector salud. Esto beneficia tanto al estudiante en su aprendizaje como también a sus futuros pacientes. Hong *et al.* (2019) recomendaron que los estudiantes dispongan de tiempo para realizar actividades de valor agregado que les resulten de utilidad en su ejercicio profesional.

Tener instrumentos confiables que puedan medir el CAE-AES puede traer múltiples beneficios para los estudiantes, docentes, instituciones educativas, sistemas educativos y sociedad. En las publicaciones revisadas se identificaron 14 beneficios para los estudiantes: I) Establecer actividades que incidan mejor en el valor o utilidad que los propios estudiantes les asignan; II) Apoyar a los estudiantes a identificar la utilidad en las actividades académicas, III) Disminuir en ellos emociones negativas, IV) Facilitar el CAE (Ketonen *et al.*, 2019), V) Aprovechar las TIC, VI) Comunicar efectivamente, VII) Fomentar reuniones académicas, VIII) Pensar críticamente, IX) Promover producción académica, X) Resolver problemas (Peña *et al.*, 2017), XI) Propiciar mayor bienestar (*well-being*), XII) Detectar depresión, deserción escolar y suicidio (Tayama *et al.*, 2019), XIII) Replantear las actividades como oportunidades educativas con un doble propósito: aumentar el aprendizaje y agregar valor al beneficiario final de los servicios del estudiante después de graduarse (Leep *et al.*, 2018) y XIV) Facilitar el éxito de los estudiantes (Aspeé *et al.*, 2019) a nivel personal, académico y profesional.

En los artículos revisados se identificaron ocho beneficios que los instrumentos de medición del CAE-AES pueden ofrecer a los docentes e instituciones educativas: I) Aumentar la calificación de los profesores; II) Mejorar evaluación de las materias (Jones, 2019); III) Diseñar estrategias pedagógicas (Saxton *et al.*, 2017); IV) Disminuir la brecha entre lo que el maestro cree que sucede y lo que realmente experimentan los estudiantes (Barkley, 2009 en Almutai-

ri y White, 2018); V) Evaluar la calidad universitaria; VI) Organizar el plan de estudios (Peña *et al.*, 2017); VII) Tener reportes de seguimiento estudiantil (Carmona-Halty *et al.*, 2018); e VIII) Identificar mejores prácticas pedagógicas (Aspeé *et al.*, 2019).

Adicionalmente, en las publicaciones revisadas se encontraron los siguientes beneficios de orden superior que los instrumentos de medición del CAE-AES pueden ofrecer: facilitar la formación de ciudadanos responsables (Aspeé *et al.*, 2019; Peña *et al.*, 2017), mejorar los resultados del sistema educativo y, por ende, mejorar la sociedad (Aspeé *et al.*, 2019).

5. DISCUSIÓN

Al iniciar esta investigación para explicar el compromiso de aprendizaje de estudiantes (CAE) se consideró como base un modelo constituido por cuatro subconstructos: agencial, cognitivo, conductual y emocional (Guzmán y Castillo, 2019; Reeve y Tseng, 2011; Tomás *et al.*, 2016 y Veiga, 2013). Veiga (2013) y Veiga *et al.* (2014) definen al CAE como la conexión centrípeta que el estudiante experimenta con la escuela, en particular, con sus dimensiones cognitiva, afectiva, conductual y agencial. A partir de esta definición se puede entender que queda abierta la posibilidad de considerar otras dimensiones. De igual forma, se puede apreciar que el CAE es: I) El poder o habilidad del estudiante para movilizar sus dimensiones internas o competencias y concentrarlas en su aprendizaje; II) La acción y efecto en el que el propio estudiante, por sí mismo, se obliga a continuar su proceso de aprendizaje a través de sus factores o recursos internos; III) Es la fortaleza del estudiante para tolerar un empuje externo, ya sea de padres, maestros o compañeros que le permita ser más eficaz con sus dimensiones centradas en su propio aprendizaje.

En la RSL se identificaron dos publicaciones que reconocen en su marco teórico los cuatro subconstructos: agencial, cognitivo, conductual y emocional (Barlow *et al.*, 2020; Santana *et al.*, 2018). Sin embargo, en ninguna publicación se midió al agencial. Por otro lado, los otros tres subconstructos se incluyeron de una u otra forma en todas las publicaciones. Cinco publicaciones se dedicaron al estudio de uno sólo de los subconstructos: el cognitivo se mide en Barlow *et al.* (2020), al conductual lo estudian en tres (Aspeé *et al.*, 2019; Dixon, 2015 y Jones 2019) y al subconstructo emocional lo analizan en Ketonen *et al.* (2019). Cuatro artículos investigan a dos subconstructos: Elphinstone y Tinker (2017) el cognitivo y conductual, Peña *et al.* (2017) el conductual y emocional, Saxton *et al.* (2017) lo no cognitivo (pudiendo ser el emocional y conductual) y Wiggins *et al.* (2017) mide al cognitivo y emocional. Las otras 13 investigaciones incluyen en conjunto a los tres subconstructos cognitivo, conductual y emocional (Fuller *et al.*, 2018; Lee *et al.*, 2019; y Santana *et al.*, 2018),

o bien, a diversas dimensiones que pueden incluirse en los tres subconstructos mencionados. Por ejemplo, las tres dimensiones de la UWES-S, absorción, dedicación y vigor (Carmona-Halty *et al.*, 2018; Ketonen *et al.*, 2019; Portalanza *et al.*, 2017; Tayama *et al.*, 2019; Tsubakita *et al.*, 2017). Las cinco dimensiones de la NSSE: desafío académico, aprendizaje con pares, experiencia con docentes, entorno institucional y prácticas de alto impacto (Almutairi y White, 2018; Junco *et al.*, 2013 y Zapata *et al.*, 2018). Así como otras siete dimensiones: consultar publicaciones académicas (Hong *et al.*, 2019); actitudes hacia actividades académicas con valor agregado, deseo en participar en actividades de valor agregado, factores potenciales que influyen en el compromiso (Leep *et al.*, 2018); actividades de simulación, habilidades de comunicación y estrés (Roh y Jang, 2017).

En total, se identificaron 27 instrumentos de medición (tabla 9) y 101 dimensiones (tabla 10) con los que se estudió el compromiso de aprendizaje de estudiantes adultos en educación superior (CAE-AES). Los dos instrumentos más utilizados fueron el UWES-S (22.7 %) y la NSSE (13.6 %). Entre los dos instrumentos se midieron ocho dimensiones: absorción, dedicación, vigor, desafío académico, aprendizaje con pares, experiencia con docentes, entorno institucional y prácticas de alto impacto. En relación con la validez interna del instrumento utilizado, el 9 % no reportó datos con relación al Alfa de Cronbach; 31.8 % indicaron que sus instrumentos obtuvieron validez interna con Alfa de Cronbach superior a 0.80; y 59 % de las investigaciones incluyeron mediciones comparativas de sus dimensiones e instrumentos, con valores superiores e inferiores a 0.80 (tabla 11).

Aunque ocho de los instrumentos incorporaron elementos relacionados con los estudiantes adultos (Aspeé *et al.*, 2019; Elphinstone y Tinker, 2017; Jones, 2019; Lee *et al.*, 2019; Leep *et al.*, 2018; Peña *et al.*, 2017; Roh y Jang, 2017 y Zapata *et al.*, 2018), en general, no se identificó que explícitamente incorporaran los principios de la andragogía. Estos principios son los propuestos por Knowles (1973, 1980) y Knowles *et al.* (2005): experiencia, como su principal recurso de aprendizaje; disposición a aprender en función de sus roles sociales y ciclo de vida; autodirección, motivación intrínseca, enfoque a aprendizaje de aplicación en el corto plazo y a resolución de problemas reales.

Se considera que al incorporar en los instrumentos preguntas relacionadas con la andragogía o al correlacionar con estos principios se podría llegar a una comprensión más profunda del fenómeno del CAE-AES, esto contribuiría a la innovación en educación superior y educación continua en beneficio de los estudiantes, docentes, administradores escolares, instituciones educativas, sistemas educativos, usuarios de los servicios proporcionados por los estudiantes titulados y, en general, por la sociedad. Esto se encuentra desglosado en la sección de

reflexiones sobre el CAE-AES. Así mismo, se reforzaría el proceso de aprendizaje del estudiante adulto de educación superior, considerando sus propios objetivos, necesidades y motivaciones intrínsecas, aprovechando su experiencia previa, motivación intrínseca, autodirección y potencializando sus roles personales, profesionales y sociales para su desarrollo y bienestar integral.

6. CONCLUSIONES

Después de los resultados presentados se concluye que, aunque ha existido un esfuerzo en la comunidad académica para definir y medir el compromiso de aprendizaje de estudiantes adultos en educación superior (CAE-AES), todavía se necesita seguir investigando. Algunos instrumentos incluyeron entre sus preguntas elementos propios de los adultos. Sin embargo, no se identificó de manera clara y precisa la vinculación con los principios de la andragogía. Es preciso atender áreas de oportunidad, así como exploración en educación superior y continua.

Se recomienda fortalecer ocho vías en futuro estudios: I) Integrar los esfuerzos para definir teórica y operacionalmente al CAE-AES; II) Definir los subconstructos que lo conforman e incluir al menos cuatro: agencial, cognitivo, conductual y emocional; III) Categorizar las dimensiones utilizadas que pudieran medir en forma integral el CAE-AES; IV) Incluir los elementos propios de la andragogía; V) Correlacionar el CAE-AES con el bienestar y desarrollo integral de los estudiantes adultos; VI) Correlacionar tanto a los factores que pueden impactar favorable o desfavorablemente al CAE-AES como a los factores que son impactados por CAE-AES; VII) Diseñar instrumentos para medir al CAE-AES que integren al menos los cuatro subconstructos: agencial, cognitivo, conductual y emocional, incluyendo los elementos antes mencionados de andragogía, bienestar, desarrollo integral y otros factores; y VIII) Para poder triangular los resultados, realizar investigaciones transversales y longitudinales, con técnicas sistemáticas cuantitativas y cualitativas.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

Almutairi, F. y White, S. (2018). How to measure student engagement in the context of blended-MOOC. *Interactive Technology and Smart Education*, 15(3), 262-278 DOI: 10.1108/ITSE-07-2018-0046

- Aspeé, J., González, J. y Cavieres, E. (2019). Instrumento para medir el compromiso estudiantil integrando el desarrollo ciudadano, una propuesta desde Latinoamérica. *Revista Complutense de Educación*, 30(2), 399-421. Doi:10.5209/RCED.57518
- Astin, A. (1984). Student Involvement: A Developmental Theory for Higher Education. *Journal of College Student Development*, 40, 518-529. https://www.researchgate.net/publication/220017441_Student_Involvement_A_Development_Theory_for_Higher_Education
- Azevedo, R. (2015). Defining and Measuring Engagement and Learning in Science. *Conceptual, Theoretical, Methodological and Analytical Issues*, 50(1), 84-94. <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1004069>
- Barlow, A., Brown, S., Lutz, B., Pitterson, N., Hunsu, N. y Adesope, O. (2020). Development of the student course cognitive engagement instrument (SCCEI) for college engineering courses. *International Journal of STEM Education*, 7(1). Doi:10.1186/s40594-020-00220-9
- Berger, J. y Milem, J. (1999). The role of student involvement and perceptions of integration in a causal model of student persistence. *Research in Higher Education*, 40(6), 641-664. <https://doi.org/10.1023/A:1018708813711>
- Boggs, L. (1907). The Psychology of the Learning Process THE JOURNAL OF PHILOSOPHY. The Journal of Philosophy, *Psychology and Scientific Methods*, 4(18), 477-481. <https://doi.org/10.2307/2011657>
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., et al. (2020). Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map. *Int J Educ Technol High Educ*, 17(2). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0176-8>
- Caracelli, V. y Cooksy, L. (2013). Incorporating qualitative evidence in systematic reviews: Strategies and challenges. En D. M. Mertens y S. Hesse-Biber (Eds.), *Mixed methods and credibility of evidence in evaluation*. *New Directions for Evaluation* (138). <https://doi.org/10.1002/ev.20061>
- Carmona-Halty, M. A., Schaufeli, W. B., y Salanova, M. (2019). The Utrecht Work Engagement Scale for Students (UWES-9S): Factorial validity, reliability, and measurement invariance in a Chilean sample of undergraduate university students. *Frontiers in Psychology*, 10(Apr. 1017). doi:10.3389/fpsyg.2019.01017
- Clancy, C. (1985). The use of the andragogical approach in the educational function of supervision in social work. *Clinical Supervisor*, 3(1), 75-86. https://doi.org/10.1300/J001v03n01_06
- Dixon, M. (2015). Measuring Student Engagement in the Online Course: The Online Student Engagement Scale (OSE). *Online Learning* 19(4), 143-158. DOI: 10.24059/olj.v19i4.561
- Elias, J. (1979). Andragogy Revisited. *Adult Education Quarterly*, 29(4), 252-256. <https://doi.org/10.1177/074171367902900404>
- Elphinstone B. y Tinker S. (2017). Use of the motivation and engagement scale-University/college as a means of identifying student typologies. *Journal of College Student Development*, 58(3), 457-462. DOI: <https://doi.org/10.1353/csd.2017.0034>
- Fombona, J. y Pascual, M. (2019). Formación de personas adultas, aproximación a partir del análisis de buenas prácticas europeas. *Revista Complutense de Educación* 30(2), 647-665. <https://doi.org/10.5209/RCED.58882>
- Fredricks, J., Blumenfeld, P. y Paris, A. (2004). School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Fuller, K., Karunaratne, N., Naidu, S., Exintaris, B., Short, J., Wolcott, M., Singleton, S. y White, P. (2018). Development of a self-report instrument for measuring in-class student engagement reveals that pretending to engage is a significant unrecognized problem. *PloS ONE* 13(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205828>

- Guzman-Enriquez, S., y Castillo, I. (2019). Compromiso de los estudiantes en su aprendizaje. Un esquema propuesto. En J. A. Marín M., G. Gómez, M. Ramos y M. N. Campos (Edits.), *Inclusión, Tecnología y Sociedad: Investigación e Innovación en Educación*. (pp. 2001-2010). Madrid, España: Dykinson. <http://hdl.handle.net/11285/636126>
- Henrie C., Halverson L. y Graham C. (2015). Measuring student engagement in technology-mediated learning: A review. *Computers and Education* 90, 36-53. doi: 10.1016/j.compedu.2015.09.005
- Henrie, C., Bodily, R., Manwaring, K. y Graham, C. (2015). *Exploring Intensive Longitudinal Measures of Student Engagement in Blended Learning*, 16(3), 131-155. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v16i3.2015>
- Hong, B., O'Sullivan, E., Henein, C. y Jones, C. (2019). Motivators and barriers to engagement with evidence-based practice among medical and dental trainees from the UK and Republic of Ireland: a national survey. *BMJ Open* 9(10). doi:10.1136/bmjopen-2019-031809
- Jones, B. (2019). Testing the MUSIC Model of Motivation Theory: Relationships between students' perceptions, engagement, and overall ratings. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 10(3). <https://doi.org/10.5206/cjsotl-rca-cea.2019.3.9471>
- Junco, R., Elavsky, C. y Heiberger, G. (2013). Putting twitter to the test: Assessing outcomes for student collaboration, engagement and success. *British Journal of Educational Technology*, 44(2), 273-287. doi:10.1111/j.1467-8535.2012.01284.x
- Ketonen, E., Malmberg, L., Salmela-Aro, K., Muukkonen, H., Tuominen, H. y Lonka, K. (2019). The role of study engagement in university students' daily experiences: A multilevel test of moderation. *Learning and Individual Differences*, 69, 196-205. doi: 10.1016/j.lindif.2018.11.001
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Brereton, O., Turner, M., Niazi, M. y Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering-A tertiary study. *Information and Software Technology*, 52(8), 792-805. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>
- Knowles, M. (1973). *The Adult Learner: A Neglected Species*. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED084368.pdf>
- Knowles, M. (1980). 4. What is Andragogy? En *The Modern Practice of Adult Education. From Pedagogy to Andragogy*. Nueva York, EUA: Cambridge The Adult Education Company- Prentice Hall Regents. http://www.umsl.edu/~henschkej/articles/a_The_%20Modern_Practice_of_Adult_Education.pdf
- Knowles, M., Holton III, E. y Swanson, R. (2005). *The Adult Learner : The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development*. Londres, Reino Unido: Taylor y Francis Group. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/biblitesm/detail.action?docID=232125>
- Kowalski, K. y Podlesny, A. (1900). *The Effects Of Disaster On Workers: A Study Of Burnout In Investigators Of Serious Accidents and Fatalities In The U. S. Mining Industry*. Pennsylvania, EUA: National Institute for Occupational Safety and Health. <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/8714>
- Lam, S., Wong, B., Jimerson, S., Kikas, E., Cefai, C., Basnett, J., Negovan, V., Stanculescu, E. y Duck, R. (2014). Understanding and Measuring Student Engagement in School: The Results of an International Study From 12 Countries Understanding and Measuring Student Engagement in School: The Results of an International Study From 12 Countries. *School Psychology Quarterly*, 29(2), 213-232. <https://doi.org/10.1037/spq0000057>
- Lee, J., Song, H. y Hong, A. (2019). Exploring Factors, and Indicators for Measuring Students' Sustainable Engagement in e-Learning. *Sustainability*, 11(985). doi: 10.3390/su11040985

- Leep, A., Starr, S., Dyrbye, L., Gonzalo, J., George, P., Miller, B., Morgan, H., Hoffman, A., Baxley, E., Allen, B., Fancher, T., Mandrekar, J., Skochelak, S. y Reed, D. (2018). Value-added activities in medical education: A multisite survey of first- and second-year medical students' perceptions and factors influencing their potential engagement. *Academic Medicine*, 93(10), 1560-1568. doi:10.1097/ACM.0000000000002299
- Long, H. (1990). Psychological control in self-directed learning. *International Journal of Lifelong Education*, 9(4), 331-338. https://doi.org/10.1080/0260137900090405
- Lu Y., Zhang, J., Li, B., Chen, P. y Zhuang, Z. (2019). Harnessing commodity wearable devices to capture Learner Engagement. *IEEE Access*, 7, 15749-15757. doi:10.1109/ACCESS.2019.2895874
- Merriam, S. y Baumgartner, L. (2020). *Aprendizaje en la edad adulta: una guía completa*. John Wiley & Sons.
- Peña G., Cañoto Y. y Angelucci L. (2017). Involucramiento académico: una escala. *Páginas de Educación*, 10(1). http://dx.doi.org/10.22235/pe.v10i1.1361
- Portalanza, C., Grueso, M. y Duque, E. (2017). Properties of the Utrecht Work Engagement Scale (UWES-S 9): Exploratory analysis of students in Ecuador. *Innovar: Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 27(64), 145-156. doi:10.15446/innovar.v27n64.62374
- Reeve, J. y Tseng, C. (2011). Agency as a fourth aspect of students' engagement during learning activities. *Contemporary Educational Psychology*, 36(4), 257-267. Doi: 10.1016/j.cedpsych.2011.05.002
- Roh, Y. y Jang, K. (2017). Survey of factors influencing learner engagement with simulation debriefing among nursing students. *Nursing and Health Sciences*, 19(4), 485-491. doi:10.1111/nhs.12371
- Sánchez, A. (2006). Peter Drucker, innovador maestro de la administración de empresas. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 2(2), 69-89. https://www.redalyc.org/pdf/4096/409634344005.pdf
- Santana, J., Rodrigues, A. y da Costa, F. (2018). Escala de Engajamento de Discentes Universitários: Adaptação e Revalidação para o Contexto Brasileiro [Escala de compromiso de estudiantes universitarios: Adaptación y revalidación para el contexto brasileño] *Meta: Avaliação*, 10(30), 600-620. doi:10.22347/2175-2753v10i30.1612
- Saxton, E., Currie, C., Skinner, E. y Shusterman, G. (2017). A Motivational Account of the Undergraduate Experience in Science: Brief Measures of Students' Self-System Appraisals, Engagement in Coursework, and Identity as a Scientist. *Psychology Faculty Publications and Presentations*, 39(17), 2433-2459. doi: 10.1080/09500693.2017.1387946
- Smith, M. (2002). "Malcolm Knowles, informal adult education, self-direction and andragogy", the encyclopedia of informal education. *Adult leadership*, 4. https://www.infed.org/thinkers/et-know1.htm.
- Tayama, J., Schaufeli, W., Shimazu, A., Tanaka, M. y Takahama, A. (2019). Validation of a Japanese Version of the Work Engagement Scale for Students. *Japanese Psychological Association*, 61(4), 262-272. doi: 10.1111/jpr.12229
- Tomás, J., Gutiérrez, M., Sancho, P., Chireac, S. y Romero I. (2016). El compromiso escolar (school engagement) de los adolescentes: medida de sus dimensiones. *Enseñanza y Teaching*, 34(1), 119-135. doi: 10.14201/et2016341119135
- Tsubakita, T., Shimazaki, K., Ito, H. y Kawazoe, N. (2017). Item response theory analysis of the Utrecht Work Engagement Scale for Students (UWES-S) using a sample of Japanese university and college students majoring medical science, nursing, and natural science. *BMC Research Notes*, 10(1). doi:10.1186/s13104-017-2839-7
- Veiga, F. (2013). Envolvimento dos alunos na escola: Elaboração de uma nova escala de avaliação. *International Journal of Developmental and Educational Psychology INFAD*, 1(1), 441-450. https://repositorio.ul.pt/handle/10451/10032

- Veiga, F., García, F., Abreu, S., Vanessa, M. y Galvão, D. (2014). Promoting students' engagement in school : Effects of the eclectic communication model. <https://www.semantic-scholar.org/paper/Promoting-students'-engagement-in-school%3A-Effects-Veiga-García/9149a4c6b864f11a7a08589675d67cb7f0536b47>
- Wiggins, B., Eddy, S., Wener-Fligner, L., Freisem, K., Grunspan, D., Theobald, E., Timbrook, J. y Crowe, A. (2017). ASPECT: A Survey to Assess Student Perspective of Engagement in an Active-Learning Classroom. *CBE Life Sciences Education*. 16(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.16-08-0244>
- Zapata, G., Leihy, P. y Theurillat, D. (2018). Compromiso estudiantil en educación superior: adaptación y validación de un cuestionario de evaluación en universidades chilenas. *Calidad en la Educación*, 48, 204-250. <http://dx.doi.org/10.31619/caledu.n48.482>

Link para consultar Apéndices

<https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-90/Apendices-compromiso-del-aprendizaje-adulto.pdf>

Modelo educativo y transformación del ambiente de aprendizaje en Oaxaca: un estudio de caso

Nelly Eblin Barrientos Gutiérrez
Universidad del Papaloapan, México

Resumen

La Universidad del Papaloapan ha llevado a cabo más de 10 años de trabajo de jardinería para constituir un espacio de numerosa y arbolada vegetación bajo la lógica de la promoción de valores estéticos que dispone el modelo educativo del Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca, al cual pertenece. El objetivo de este estudio descriptivo, con *método de estudio de caso* es evaluar el alcance del modelo educativo referido en las percepciones de los estudiantes en un programa educativo de pregrado ofertado en el campus Tuxtepec. Dentro de los hallazgos de la investigación los estudiantes encuentran, como el modelo educativo dispone, relación de belleza, orden y ambiente positivo como producto de la vegetación que impera en el espacio universitario.

Palabras clave

Modelos educativos, ambiente educativo, infraestructura educativa, instituciones educativas, universidades públicas

Educational modeling and transformation of learning environments In Oaxaca: a case of study

Abstract

The University of Papaloapan has carried out more than 10 years of gardening work to establish a space with abundant and wooded vegetation under the logic of promoting aesthetic values that the educational model of the State University System of Oaxaca, to which it belongs. The objective of this descriptive study, using the case study method, has been to evaluate the level of scope of the referred educational model in the perceptions of students in an undergraduate educational program offered on the Tuxtepec campus. Within the research findings, the students find, as the educational model provides, a relationship of beauty, order and positive environment as a product of the vegetation that prevails in the university space.

Keywords

Educational models, educational environment, educational infrastructure educational institutions, public universities.

Introducción

Asaber, a lo largo de la historia del currículum las reflexiones se han centrado en tres grandes ejes: el estudiante, el maestro y el conocimiento. En torno a ellos los enfoques educativos se han diversificado y el estudio se ha vuelto más riguroso y profundo, añadiendo actores y aspectos del ambiente esco-

Recibido: 15/08/2020

Aceptado: 06/06/2022

lar para entender y brindar orientaciones más completas del cómo mejorar el proceso de enseñanza–aprendizaje. Así, los padres de familia, el personal, la comunidad, entre otros actores sociales, han enriquecido las reflexiones pedagógicas y dado pie a visiones novedosas del currículo y su constitución, como la noción de modelo educativo, al considerarse que éste traza rutas determinantes para la formación de los sujetos y establece qué papel juega cada uno de los actores sociales y aspectos alrededor del hecho educativo. Rojas (2005) expone que el cambio de los sistemas universitarios en la década de los años 60 y 70 del siglo XX, producto de una nueva relación entre educación y economía y de las políticas y estrategias acogidas después de la segunda guerra mundial, implicó para las Instituciones de Educación Superior (IES) nuevos mecanismos para solucionar diversos problemas organizativos de la esfera académica e implica experimentar modelos educativos distintos e innovadores. Inicialmente tales aportaciones teóricas del campo curricular contribuyeron en mucho a pensar el espacio y el ambiente escolar desde el ámbito didáctico, como en el uso de laboratorios, talleres, la disposición de los elementos del aula, bibliotecas, entre otros elementos. Pero, más recientemente el modelaje curricular incluye discusiones sobre nuevos elementos o abordajes asociados a las preocupaciones humanas del siglo, que dan pauta a propuestas y cambios en la forma de concebir el proceso de enseñanza–aprendizaje, y nombrarlos como modelos universitarios de nueva generación. Los modelos de nueva generación incorporan, muchas veces, lo que en diseño curricular se conoce como temas transversales, los cuales se viven como un ejercicio de valores referidos a temas nodales, como los asociados a nuestro ser, a la convivencia humana, a nuestra condición biológica y/o a la relación con otras especies o la preservación medio ambiental. A consecuencia, el modelaje educativo propicia la incorporación de acciones vinculadas al ejercicio de valores. Casarini (2017) propone la aparición del tema de los valores en modelaje curricular vinculado a la evaluación de los modelos educativos que tuvieron auge a partir de la década de los años 80 en México. Sugiere que el énfasis puesto en las reflexiones educativas en torno a la responsabilidad, más que en las funciones, desplazó los modelos tecnológicos reinantes por la atención de otros aspectos curriculares como los son los valores educativos. Tünnermann (2008) define a un modelo educativo como:

...la concreción, en términos pedagógicos, de los paradigmas educativos que una institución profesa y que sirve de referente para todas las funciones que cumple [...] a fin de hacer realidad su proyecto educativo (pág. 15).

Un escenario del sureste mexicano, el oaxaqueño, nos muestra algunas consideraciones para el modelaje educativo a nivel superior que implica desde la fuente institucional preocupaciones formati-

vas ligadas a un aspecto importante del medio ambiente: *la flora*. El sistema público de mayor cobertura en Oaxaca es el Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO) y propone en el libro: *Un nuevo modelo de universidad*, redactado por su fundador Modesto Seara Vázquez, la noción de “configuración física” para hablar del uso de los espacios que incluyen el ajardinamiento y arbolado, donde el modelo promueve la manifestación de valores estéticos. Dentro de los señalamientos centrales del citado libro se propone un ambiente favorable a la distensión y propicio para crear actitudes constructivas, con abundante “vegetación, de suerte tal que contribuya al clima de relajamiento, considerado significativo para el desarrollo de las actividades universitarias.” El Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO) cuenta con un campus en la segunda ciudad más poblada en Oaxaca: San Juan Bautista Tuxtepec en la Universidad del Papaloapan (UNPA).

San Juan Bautista Tuxtepec se sitúa en la región del Papaloapan, cuenca hidrológica, por lo que su vegetación es referida como abundante y variada, destacándose, además, árboles que llegan alcanzar más de 30 metros de altura, como lo son el Huanacastle o Guanacastle (*Enterolobium Cyclocarpum*) y la Ceiba (*Ceiba Pentandra L. Gaertn*) (SEMAEDES, 2020). Cabe mencionar que de acuerdo con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2018), Oaxaca es el estado con mayor diversidad del país, ya que cuenta con más de 12,500 especies de flora y fauna y en donde es posible identificar 23 de los 32 tipos de vegetación descritos en el país; sin embargo, Oaxaca es, también, un estado con fuertes amenazas a su biodiversidad, estimadas por la CONABIO (2018) como producto del deterioro de diferentes hábitats frente a su creciente urbanismo, por lo que insta a la implementación de acciones coordinadas entre gobierno y sociedad para promover la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad.

Planteamiento del problema

El SUNEO, se ha dicho, es por su cobertura la oferta de educación pública superior más importante en el estado de Oaxaca. El modelo educativo del sistema es relativamente reciente, pues inicia operaciones en 1990 con la creación de su primer campus: la Universidad Tecnológica de la Mixteca (UTM). Actualmente, cuenta con 15 campus en todas las regiones de Oaxaca y uno es la Universidad del Papaloapan (UNPA), la cual está situada en la segunda ciudad del estado con mayor concentración demográfica: San Juan Bautista Tuxtepec (SUNEO, 2019) que, además, de acuerdo con la CONABIO (2022), tanto la agricultura como la ganadería propician la pérdida de hábitats, deterioro de la biodiversidad, perturbación de los ecosistemas, pérdida de especies, sobreexplotación de especies silvestres, entre otras afecciones identificadas.

La UNPA se creó por decreto presidencial el 18 de junio de 2002 en el Campus de la Ciudad de Loma Bonita. Abrió un segundo Campus en la Ciudad de San Juan Bautista Tuxtepec en marzo del 2005. En el 2008 instituye el programa educativo de la carrera de Ingeniería en Biotecnología, cuyo perfil de egreso actual propone al egresado como:

...un profesional multidisciplinario con la capacidad científica, técnica, ética y con sentido social para proponer y ejecutar soluciones pertinentes, sustentadas en esquemas de Investigación y Desarrollo de Tecnologías, que potencien las actividades económicas con base en el aprovechamiento de seres vivos, sus biomoléculas y sus procesos, en empresas y centros de investigación biotecnológicos, tanto públicos como privados.

A catorce años de su fundación, el área de infraestructura refleja en el plano universitario un total de 39 espacios universitarios que integran la planta de conjunto en el Campus Tuxtepec, donde se destinaban al menos dos edificios para actividades exclusivas de docencia y laboratorio de la Ingeniería en Biotecnología, además de áreas comunes, como las deportivas, cafetería, biblioteca, enfermería, entre otras; sin embargo, de los 39 espacios universitarios, los que representan en 2019 mayor área de construcción son 28 edificios, entre los que se incluyen los condominios para profesores, auditorio, aulas, talleres, salas de cómputo, edificios administrativos, laboratorios, biblioteca, hospital robotizado, cafetería y almacén, entre otros (véase la figura 1). Se hace notar que la ilustración del archivo universitario indica todas las áreas verdes o espacios ajardinados como “áreas arboladas”.

• **Figura 1.** Plano y distribución del Campus Tuxtepec de la Universidad del Papaloapan, 2019



Fuente: Vice-Rectoría Administrativa de la Universidad del Papaloapan

A la par del crecimiento de la infraestructura académica y administrativa también se transformó el entorno universitario. En sus inicios el campus Tuxtepec contaba con poca vegetación. Destacaba uno que otro árbol de Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), que es un árbol nativo, y resaltaban árboles de hule debido a que el lugar que habita ahora la universidad era un vivero que proveía de plantas de tal variedad a productores de la región. Otro tipo de vegetación no se observaba, o bien era considerada maleza o monte. En general, la tierra erosionada era la más visible, como ilustra la fotografía 1 líneas adelante.

Con el paso del tiempo se han sembrado diversas plantas que han prosperado en las condiciones climáticas o medio ambientales del lugar; sin embargo, no existió ni existe al momento de llevar a cabo este estudio un diseño medio ambiental que respondiera a la función del proyecto educativo. Incluso, la poca planeación en la selección de especies y espacios de siembra ha hecho que durante el año 2021 se talaran dos árboles de *ficus benjamina* de gran tamaño cuyas raíces comenzaron a deteriorar la construcción de dos edificios con aulas. Aparte de que apenas recientemente la Secretaría de Desarrollo Agrario y Desarrollo Urbano (SEDATU), junto a la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI) y el Banco Mundial (2021), proponen pautas para el desarrollo urbano sustentable en el municipio, plasmadas en el *Manual para la vivienda sustentable*, en donde se sugirieron la siembra de árboles en los hogares. Entre los árboles grandes se propone la siembra de Lluvia de oro (*Laburnum Anagyroides*) y Tabachín (*Delonix regia*); en cuanto a los árboles medianos se recomienda la plantación de Apompo (*Brosimum alicastrum*), Zapote blanco (*Casimiroa edulis*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Almendro (*Prunus dulcis*); en el pasto, también se proponen árboles pequeños o arbustos tales como el *Ilex* y al Laurel real (*Prunus laurocerasus*). El manual no incluye después de sugerir la tipología de árboles y arbustos referida ningún otro tipo flora dentro de las sugerencias ofrecidas para el espacio urbano. Si bien no numerosos, actualmente en el campus Tuxtepec pueden observarse ejemplares de todas las especies sugeridas, a excepción del Zapote blanco (*Casimiroa edulis*) y el Chicozapote (*Manilkara zapota*). Aunque en realidad el primer tipo de plantas sembradas en alto número fueron las *Ixoras*, diseminadas por las orillas de casi todos los pasillos de la universidad, las cuales años más tarde se convirtieron en grandes muros que ahora impiden la vista hacia los edificios cuando alcanzan el tamaño más alto antes de su poda regular. En el año 2006 la vegetación era escasa, no había mucha sombra y se lograba ver claramente de un edificio a otro. Más tarde, la universidad fue tomando forma en cuanto a la estética vegetal, pues árboles, arbustos y plantas diversas ya habían crecido de manera notoria y dado una identidad al espacio universitario, pues había más sombra, humedad y belleza; y

en las épocas de abril a mayo, cuando los calores son más intensos en esta región se puede soportar un poco más caminar por los pasillos, cosa diferente a cuando estaba recién construida la universidad, pues era muy difícil caminar bajo el sol de verano, como refiere el personal de mayor antigüedad en el campus. El crecimiento de la vegetación durante los 10 últimos años ha sido impresionante, pues ha creado un microclima más húmedo y fresco en comparación con el clima extremo de la región. La sombra generada por las plantas permite menor sol directo al transitar y el aspecto biodiverso logra una buena impresión a los visitantes, incluyendo a los padres o familiares de estudiantes.

El *Modelo de Universidad* del SUNEО establece este libro como documento guía para el modelaje curricular (véase <https://www.utm.mx/libros/nmu2.pdf>), el cual prevé las “Dimensiones y configuración física de la Universidad” y expresa que el uso de los espacios es el que presenta al territorio como uno de los instintos humanos que se ofrece como condicionante para la aparición y transformación de conductas sociales determinadas y que en ocasiones lleva a confrontaciones entre las personas que conviven “forzosa y forzosamente”; por tanto, considera necesario “formar un ambiente favorable a la distensión” y propiciar “actitudes constructivas” (Seara Vázquez, 2009, pág. 26 y 27). El modelo postula que no basta que el campus sea relativamente grande y señala preciso:

...racionalizar el espacio, distribuyéndolo adecuadamente, según el tipo de actividades, alejando las unidades académicas lo suficiente para que el desplazamiento entre ellas obligue a cierto ejercicio físico en medio de un ambiente que propicie el relajamiento y favorezca los encuentros ocasionales entre los miembros de la comunidad, sin permitir por razones de tiempo que se formen grupos que se estacionen y tengan tiempo para desarrollar conductas agresivas entre los individuos que los forman con respecto a otros grupos (Seara Vázquez, 2009, pág. 27).

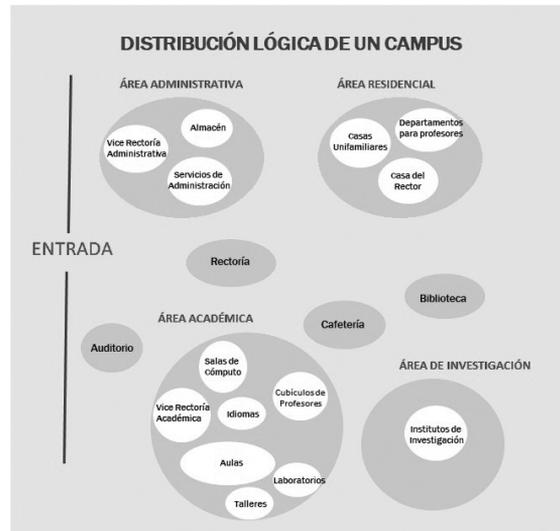
Además, que el campus debe mantenerse [...] en condiciones impecables, de limpieza, sin pintadas o carteles irritantes para alguno de los sectores universitarios, con abundante vegetación que contribuya al clima de relajamiento [...] (Seara Vázquez, 2009, pág. 27 y 28); estableciendo una relación positiva entre la educación, los valores estéticos, entre los espacios y la idea de organización, que se expresa con orientaciones concretas:

Tanto las instalaciones como la vialidad interna y el ajardinamiento y arbolado deben constituir un todo armónico, que transmitan valores estéticos positivos, dado que además de contribuir al equilibrio anímico de quienes desarrollan allí sus actividades, profesores, alumnos, funcionarios y trabajadores, también son un elemento fundamental en el proceso de formación de los es-

tudiantes, los cuales al vivir sumergidos en ese ambiente positivo de orden y belleza tranquila, los llevarán consigo, como parte integrante de su personalidad (Seara Vázquez, 2009, pág. 28).

De esta forma, puede comprenderse que, para esta investigación, los valores estéticos son referidos como los que permiten al estudiante sentir y comunicar -o no- armonía y equilibrio anímico, sustantivos para el logro de la tarea educativa, retratada en cada perfil de egreso. La universidad en la búsqueda de la consecución de valores estéticos positivos ilustra la distribución deseable de todo el espacio universitario (véase la figura 2), la cual es la pauta central para el desarrollo arquitectónico en los campus. En tanto que no se cuenta en la actualidad con un diseño adicional de arquitectura de paisaje.

• **Figura 2.** Distribución lógica de un campus



Fuente: Seara, 2019

Finalmente, con respecto al espacio, el modelo asevera que no es conveniente dar un uso distinto al normal a los espacios y que debe procurarse reflejar en su distribución la función que se le asigna a cada uno de ellos. Bajo estas orientaciones, el campus Tuxtepec de la UNPA ha incorporado trabajos importantes no sólo en la distribución de los edificios sino en el trabajo de jardinería. Para 2018, del monto general aprobado para el pago de nóminas en la UNPA fue de \$75,794,543.00 (setenta y cinco millones setecientos noventa y cuatro mil quinientos cuarenta y tres pesos), de los cuales se destinaron \$1,304,596.80 (un millón trescientos cuatro mil quinientos noventa y seis pesos con 80 centavos) al pago de salario mensual de 20 plazas autorizadas de jardinería.

A pesar de que no han existido pautas formales para la selección de especies que formarán parte del área verde en el campus, pues los trabajos de forestación han sido básicamente guiados por el sentido común de los jardineros que plantan las especies más comunes y asequibles en su manejo para su reproducción, como las *Ixoras* referidas, el cambio del paisaje debido a los trabajos de jardinería es notable en las 31.17 hectáreas que comprende el campus, en particular si se compara a través del tiempo (véase las fotografías 1, 2, 3 y 4); sin embargo, los cambios derivados de la práctica guiada por el modelo educativo no están documentados, por tal razón se propone en este estudio indagar el impacto de la vegetación en la percepción del ambiente educativo en los estudiantes de Ingeniería en Biotecnología para evaluar el alcance o logro del modelo educativo en su planteamiento de uso de los espacios y promoción de los valores estéticos.

• **Fotografía 1.** Biblioteca escolar tomada cuesta arriba, 2005



Fuente: Vice-Rectoría Administrativa de la UNPA

• **Fotografía 2.** Biblioteca escolar tomada cuesta arriba, 2019



Fuente: Elaboración propia, 2019

- **Fotografía 3.** Año 2006. Fotografía desde la biblioteca escolar tomada cuesta abajo



Fuente: Archivo digital de la Biblioteca universitaria del Campus Tuxtpec, UNPA

- **Fotografía 4.** Año 2019. Fotografía desde la biblioteca escolar tomada cuesta abajo



Fuente: Elaboración propia, 2019

Perspectiva teórica

Gimeno (2015), señala que podremos entender mejor cómo se configura el currículum – y mejorar la propuesta al considerar dentro de los ámbitos que lo modelan la *‘organización y ambiente en el centro,’* (además de las actividades de enseñanza-aprendizaje; el ambiente del aula, la estructura del sistema educativo y el contexto exterior), pues esta organización y ambiente presta un significado específico a determinado proyecto. Y señala que la investigación sobre los ambientes escolares tiene una larga tradición que recientemente se ha relacionado con el currículum al vincularse a la dimensión contextual del mismo y que:

...incluso es una de las metas del proyecto curricular, pues muchos otros objetivos propuestos en la currícula necesitan ciertas condiciones ambientales previas para su consecución (Gimeno Sacristán, 2013, pág. 109). Señala, además, que uno de los aspectos básicos del ambiente escolar de clase es [...] El conjunto arquitectónico de los centros que regula por sí mismo, como cualquier otra configuración espacial, un sistema de vida, de relaciones de conexión con el medio exterior, entre otros (Gimeno Sacristán, 2013, pág. 111).

Otra aportación importante del autor es [...] vincular los contenidos y las experiencias escolares (como las condiciones de organización y ambiente sobredichas) a la noción de currículo oculto frente a una función de socialización que cumple la escuela dentro de la sociedad: el conjunto de aspectos introducidos consciente o inconscientemente en el ámbito escolar que expresan un tipo de ciudadano al ejercicio de valores concretos, declarativos y no (Gimeno Sacristán, 2015).

Mientras que Díaz (2015) explica que [...] el tema de los valores en el currículum no es un tema nuevo en las discusiones curriculares, pero sí que ha cobrado auge en el siglo en curso, y refiere como principales precedentes en la discusión en la materia a Comenio, Herbart y Dewey, al referir el desacuerdo de éstos en pensar a la educación como simple instrucción. Hoy se concibe como parte de los perfiles de egreso a planificar en el modelaje educativo los contenidos valiosos en nuestra cultura y las actitudes (valores que se pretenden desarrollar), además de los conocimientos básicos; las habilidades y técnicas; los espacios, sectores y lugares que se puede ejercer al saber; los procesos de aprendizaje y enseñanza y las propuestas de evaluación (Casarini, 2017).

Díaz (2015) señala, asimismo, un trazo importante para la inclusión de los valores como aspecto relevante en el modelaje curricular es la noción de currículo oculto propuesto por Jackson en la década de los años sesenta, tras mostrar que en la interacción escolar en el aula se promueve una serie de resultados no intencionados, lo que posteriormente daría pie a asociar a los valores como parte de los temas transversales en el currículum, propuesta por Coll en la década de los años noventa, entendiendo por temas transversales a los contenidos de gran valor e imprescindibles para la vida y la convivencia, que el contexto social requiere sean trabajados en el espacio escolar, como el tema medio ambiental, entre otros.

De acuerdo a Vélez y Terán (2009), dentro de los modelos de mayor presencia en el espacio mexicano para el diseño curricular se encuentran los planteados por Tyler, Taba, Arnaz, Pansza y Díaz, quienes centran la revisión teórica del tema para valorar sus aportaciones sobre espacio escolar.

El texto de *Principios básicos del currículo* de Tyler (1973) es de gran valor para el diseño curricular en México, particularmente del siglo XX; sin embargo, Tyler propone una metodología en donde las actividades de aprendizaje son el centro de la reflexión, orientándolas al alcance de objetivos. No considera dentro de los *criterios de una organización efectiva* la distribución del espacio escolar o su ambiente, pues centra sus reflexiones en la organización de los elementos, tales como conceptos, valores, destrezas, habilidades y hábitos en conjunto. Reflexiona en este tenor sobre los principios organizadores al señalar necesaria la *continuidad, secuencia e integración* en las actividades de aprendizaje.

Taba (1974) al referirse a los métodos para realizar cambios en el currículo señala, al hablar sobre trabajo en equipo, la importancia de un *clima de trabajo productivo* y establece que:

...Si se desea obtener productividad y buenas relaciones humanas deben practicarse ciertos procesos que ayuden a determinar metas, estándares y modelos, creando al mismo tiempo un clima favorable para realizar el esfuerzo máximo (Taba, 1974, pág. 614). Si bien, reúne sus reflexiones en la importancia que tienen los grupos y el liderazgo en el ambiente escolar en tanto a la mejora de las relaciones humanas y el desarrollo de aptitudes y conocimientos favorables para el aumento de la productividad y la participación, su modelo incorpora una mirada que irá robusteciendo a futuro, en la práctica escolar, las implicaciones del clima de trabajo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para Arnaz (2016), dentro de las tareas en la elaboración del currículum se incluye adquirir y/o adaptar las instalaciones físicas. Toda vez que se cuente con la currícula que guiará el proceso de enseñanza-aprendizaje, el autor precisa necesario decidir sobre el *deber ser* de salones, laboratorios, bibliotecas y áreas de tránsito y servicios. Sugiere, tanto congruencia con los recursos financieros disponibles como la adecuación de las elecciones al proceso enseñanza-aprendizaje *tal y como se ha proyectado* (Arnaz, 2016, pág. 51). Aunque ajusta la ilustración de sus reflexiones en los aspectos dentro del aula, el tema del ambiente formativo se incluye en las provisiones de lo que nombra *tareas en la instrumentación del currículum*.

Pansza (1986), reconoce nuevas dimensiones en el acto educativo; no sólo se trata de la relación docente-alumno. Para la autora, la sociedad y la metodología formarán parte de las reflexiones más importantes de carácter curricular y, señala que:

...el currículum puede entenderse no sólo como una proposición o plan sino como un proceso vivo, en el que actúan seres humanos que le imprimen sus propias características. Cree que el currículo representa una serie estructurada de experiencias

de aprendizaje que en forma premeditada son articuladas con un propósito concreto. Distingue el *currículo manifiesto, el real y el oculto*. Y para ella el tema del diseño, implementación y evaluación de un plan de estudios supone fomentar una infraestructura de investigación educativa (Pansza, 1986).

Díaz y colaboradores (2015), al orientar el diseño curricular para educación superior incluyen un apartado que se vincula con la organización y estructuración curricular, en el cual las consideraciones sólo contienen la determinación de conocimientos y habilidades requeridos para alcanzar el perfil profesional, la de determinación y organización de áreas, tópicos y contenidos, la elección y elaboración de un plan curricular determinado y la elaboración de los programas de estudio de cada curso para el plan curricular (Díaz-Barriga Arceo *et al*, 2015).

En conjunto, los autores citados, altamente representativos por la influencia que han guardado en el diseño curricular y modelaje educativo en la educación superior en México, aluden nula o limitadamente a la planificación de la percepción del espacio y el ambiente escolar fuera del aula y su relación con el proceso de enseñanza-aprendizaje en la práctica y la formación y/o promoción de valores. A consecuencia, la discusión de los resultados descritos del caso estudiado se apoya de autores de menor influencia que abrevan de la psicología ambiental desde la investigación educativa y curricular. Cabe recordar que una de las fuentes curriculares más importantes, como señala Casarini (2017), es la psicológica, al relacionarse con los antecedentes escolares, las características de los sujetos, las etapas de desarrollo que vive y el proceso de enseñanza-aprendizaje en el que se implica.

Consideraciones metodológicas

En el diseño de la investigación se consideró que existen escasas referencias teóricas sobre la puesta en práctica de la promoción de valores estéticos para la mejora del proceso enseñanza-aprendizaje en el desarrollo de modelos educativos del currículo formal en educación superior en México, por lo que el caso elegido puede ser una pauta de reflexión sobre la innovación curricular en educación superior en el país; además de contribuir colateralmente a la discusión sobre el quehacer de la escuela frente a las principales preocupaciones sociales en el siglo XX, tales como las medioambientales, producto de los problemas asociados a la planificación, ordenación y desarrollo de los territorios poblados y de las necesidades económicas y sociales de estos.

Se consideró que en México la región que ha sufrido mayor pobreza, rezago y marginación al menos las últimas diez décadas es la que ocupa territorialmente los estados de Guerrero, Chiapas y Oaxaca. Esto implica limitaciones en el goce de derechos

fundamentales, como los derechos humanos, a la educación, a un medio ambiente sano, entre otros.

Se consideró que la mayor cobertura educativa en materia de educación en Oaxaca es la que ofrece el Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca (SUNEO).

Se consideró que de las diez universidades y quince campus en operación que integran el SUNEO en diferentes regiones del estado de Oaxaca, la Ingeniería en Biotecnología es ofertada solamente en la UNPA, en el campus Tuxtepec; es decir, su población estudiantil representa 100 % del programa educativo. A diferencia de otros programas educativos del SUNEO en donde, para obtener la opinión de la población completa sobre un programa educativo sería necesario ampliar el estudio a más de un campus situado en las diferentes universidades distribuidas en el estado. Cabe mencionar que, como sistema, los programas educativos de cada licenciatura son únicos y replicados en cada región cuando se ofrecen en más de un campus.

Se consideró la ubicación del campus dentro de una de las regiones biológicas prioritarias para el estado de Oaxaca. Las tareas institucionales que se conducen para hacer efectivas las premisas sobre la relación ambiente-formación y su relación con el entorno vegetal creadas en el modelo educativo universitario han conducido a una transformación real del paisaje y el ambiente físico, propiciando en el entorno el hábitat de diversas especies, entre ellas amenazadas y en peligro de extinción como el tucán (*Ramphastidae*; véase la fotografía 5), las cuales son una aportación importante a la política medio ambiental estatal y nacional.

• **Fotografía 5.** Avistamiento de tucanes en la Universidad del Papaloapan



Fuente: El piñero, 2017, (Damara Tovar)

Además, se consideró el limitado recurso presupuestal y temporal para seleccionar un programa distinto con presencia en más de un campus en diferentes regiones del estado de Oaxaca, pero bajo el mismo modelo educativo.

Se consideró el interés que puede derivar en los resultados de este análisis en la valoración ontológica periódica del perfil de egreso del plan de estudio del ingeniero en biotecnología al incluirse en dicho perfil:

...el aprovechamiento de seres vivos, sus biomoléculas y sus procesos [...] (UNPA, 2019), particularmente al reflexionar sobre la condición ética y medio ambiental de la formación del profesionista y de la profesión.

Finalmente, se consideró la disponibilidad de la comunidad estudiantil de licenciatura al responder las encuestas de manera libre y auténtica, sentir disposición hacia el tema y tener con varios de los grupos una relación académica previa. Por tanto, este estudio es descriptivo y con enfoque en estudio de casos, considerado como un estudio de sujeto único, en donde no preocupa la representatividad estadística (Bisquerra, 1989) y conocido también como método ideográfico,

...en el que no interesan especialmente las generalizaciones ni elaboración previa de hipótesis que tengan que ser contrastadas ni verificadas. (Martínez, 2007, pág. 32). El estudio de casos es empleado en el ámbito educativo para comprender interacciones entre las personas que influyen en las dinámicas de las instituciones e [...] introducir posibles modificaciones en dichas interacciones o en el funcionamiento de los contextos que faciliten mejorar los procesos educativos y alcanzar mayor satisfacción para las personas que participan (Martínez, 2007, pág. 32). Es posible desde este enfoque un mejor análisis de creencias, interpretaciones, percepciones, significados, valores y vivencias (Martínez, 2007).

Categorías de análisis. Premisas

P1. Los jardines y arbolados de la UNPA son bellos, ordenados, agradables, representan un ambiente positivo y contribuyen para que los estudiantes se sientan relajados y tranquilos, a mejorar su estado de ánimo y las condiciones de desarrollo de sus actividades.

P2. El estudiante usa adecuadamente los espacios y contribuye directa e indirectamente a preservar plantas y árboles en la universidad.

P3. El estudiante conoce las plantas y árboles que crecen en el espacio universitario e identifica las que pertenecen o distinguen a la región.

P4. El estudiante reconoce a la UNPA como un espacio arbolado y de gran variedad de plantas.

P5. El estudiante reconoce los cambios en el desarrollo y aumento de la vegetación en el espacio escolar con el transcurso del tiempo.

Recolección de datos

Para poder reconstruir la historia de transformación del espacio escolar se hizo trabajo documental para recopilar fotografías de 10 años o más hacia atrás; se generaron fotografías nuevas de las mismas locaciones para contrastar el cambio y se realizó una entrevista semi-estructurada al personal de más de 10 años de antigüedad en la universidad.

Posteriormente, se aplicó una encuesta al universo estudiantil de Ingeniería en Biotecnología del campus Tuxtepec para indagar sus percepciones con respecto al ambiente escolar, lo que representó un total de 98 estudiantes. La encuesta tuvo 19 ítems con escalas de 4 puntos graduadas. Las preguntas fueron desarrolladas para recabar opiniones dimensionadas a partir de las principales premisas del modelo educativo del SUNEО para limitar la noción *valores estéticos positivos*, referidas en el planteamiento del problema.

Participantes

Para octubre de 2019 la matrícula en el campus incluía a 838 estudiantes en el campus Tuxtepec (11.7 %), contando a alumnos de pregrado y posgrado (UNPA, 2019); sin embargo, la muestra seleccionada bajo la técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio (muestreo por conveniencia) representó 100 % de la población de estudiantes matriculados al programa de Ingeniería en Biotecnología del SUNEО; además, en 2019 el campus Tuxtepec ofertaba cuatro licenciaturas más (Licenciatura en Enfermería, Ingeniería en Alimentos, Licenciatura en Ciencias Empresariales y Licenciatura en Ciencias Químicas), y cuatro posgrados (maestría y doctorado en Ciencias Químicas, maestría y doctorado en Biotecnología). A nivel pregrado, la Ingeniería en Biotecnología, como se señaló, es un programa que sólo se oferta en la UNPA, campus Tuxtepec, a diferencia del resto de licenciaturas aludidas que también son ofertadas en otros campus y universidades del SUNEО (2021). Al proponer el estudio bajo el enfoque de estudio de caso, la muestra seleccionada facilitó comparaciones posteriores entre programas educativos desarrollados bajo el mismo modelo educativo en diversos campus y universidades del sistema.

Análisis e interpretación de datos

Para la descripción general de resultados se analizaron dos variables: sexo y semestre. Se presentan aquí sólo los datos descriptivos derivados de la segunda herramienta sobre la encuesta al estudiantado. No se incluye el análisis comparativo por sexos. Se ha empleado como herramienta del análisis el programa estadístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS).

Resultados

Como datos generales se analizaron tres variables: edad, sexo y semestre. Para el caso de la variable “edad” se encontró una edad mínima de 18 años y una máxima de 27 años. Obteniendo una media, moda y mediana de 20 años respectivamente. Para el caso de la variable “sexo” el porcentaje entre hombres y mujeres fue para el sexo femenino 52 % con 51 estudiantes; mientras que el sexo masculino representa 48 % con 47 estudiantes. Para la variable “semestre” se tenían cinco agrupaciones que corresponden al semestre en el cual se aplicó la encuesta. Los 28 estudiantes de segundo semestre representan 28.6 %, los 20 estudiantes de cuarto semestre representan 20.4 %, los 20 estudiantes de sexto semestre, los 13 estudiantes de octavo semestre representan 13.3 %, por último, los 17 estudiantes de décimo semestre representan 17.3 %. Posteriormente se analizaron de manera independiente y general cada una de las preguntas de la encuesta, en total fueron 19 preguntas de opción múltiple en escala de clasificación de 4 puntos graduadas de más a menos, en cuatro estilos: de “acuerdo”, de “frecuencia”, de “cantidad” y de “seguridad” (véase tabla 1 y 2).

• **Tabla 1.** Resultados de investigación

Preguntas de 4 puntos, graduadas con estilo “de acuerdo”				
#	MD	MBA	MBD	ED
1. ¿Los jardines y arbolados de la UNPA son bellos?	62.2 %	31.6 %	6.1 %	0 %
2. ¿Los jardines y arbolados de la UNPA están ordenados?	32.7 %	50.0 %	12.2 %	5.1 %
3. ¿Los jardines y arbolados de la UNPA son agradables?	62.2 %	31.6 %	5.1 %	1 %
4. ¿Los jardines y arbolados de la UNPA representan un ambiente positivo?	73.5 %	20.4 %	4.1 %	2 %
5. ¿Los jardines y arbolados que tiene la UNPA contribuyen a sentirme relajado?	57.1 %	35.7 %	6.1 %	1 %
6. ¿Los jardines y arbolados mejoran mi estado de ánimo?	48 %	37.7 %	13.3 %	1 %
7. ¿Los jardines y arbolados me producen tranquilidad?	49 %	41.8 %	8.2 %	1 %

Preguntas de 4 puntos, graduadas con estilo "de acuerdo"				
8. ¿Los jardines y arbolados de la UNPA representan mi personalidad?	15.3 %	45.9 %	28.5 %	10.2 %
9. ¿La vegetación de la UNPA mejora las condiciones de desarrollo de mis actividades Universitarias?	35.7 %	34.7 %	24.5 %	5.1 %
10. ¿Mi desempeño académico guarda una relación positiva con la vegetación que existe en la UNPA?	11.2 %	34.7 %	42.9 %	11.2 %
11. ¿Las plantas y arboledas dentro de la UNPA favorecen la disminución de la temperatura ambiental?	72.5 %	22.5 %	4 %	1 %
12. ¿Me es más fácil sobrellevar las altas temperaturas gracias a las plantas y arboledas dentro de la Universidad?	64.3 %	26.5 %	6.1 %	3 %
MA= muy de acuerdo; MBA= más bien de acuerdo; MBD= más bien en desacuerdo; ED= en desacuerdo				
Preguntas de 4 puntos graduadas con estilo de "frecuencia"				
#	S	CS	CN	N
11. ¿Le doy el uso adecuado a los espacios transitorios de la Universidad?	46.9 %	43.9 %	8.2 %	1 %
16. ¿Contribuyo indirectamente a mantener y/o preservar las especies de plantas y árboles en la Universidad?	37.8 %	46.9 %	12.2 %	3 %
17. ¿Contribuyo directamente a mantener y/o preservar las especies de plantas y árboles en la Universidad?	31.6 %	34.7 %	24.5 %	9.2 %
S= siempre; CS= casi siempre; CN= casi nunca; N= nunca.				
Preguntas de 4 puntos graduadas con estilo de "cantidad"				
#	T	A	CN	N
13. ¿Conozco la variedad de plantas y árboles que crecen dentro del espacio universitario?	5.1 %	58.2 %	34.7 %	2 %
14. ¿Considero que las especies que se encuentran en la Universidad pertenecen a la región y/o representativas?	25.5 %	68.4 %	6.1 %	0 %
T= todas; A= algunas; CN= casi ninguna; N= ninguna.				
Preguntas de 4 puntos graduadas con estilo de "seguridad"				
#	MA	DAP	DAA	PA
12. Considero el espacio de la UNPA como...	58 %	42 %	0 %	0 %
MA= Muy arbolado y de gran variedad de plantas; DAP= de suficiente arboleda y plantas; DAA= de apenas algunas arboledas y algunas plantas; PA= poco arbolada y de escasas plantas.				
#	S	SA	CN	N
15. En el transcurso del tiempo que he pasado en la Universidad, he notado cambios en el desarrollo y aumento de la vegetación.	22.5 %	60.2 %	16.3 %	1 %
S= sí, muchos; SA= sólo algunos; CN= casi ninguna; N= ninguna.				

Fuente: Elaboración propia

Discusión

El estudio permitió identificar una fuerte tendencia favorable en la percepción del ambiente por la población estudiantil de biotecnología al considerar los jardines y arbolados como bellos, agradables, que representan un ambiente positivo y contribuyen a que los estudiantes se sientan relajados, como se vio en las preguntas 1, 3, 4 y 5). Estos encuentros son de interés en tanto se considera al espacio como un factor del cambio educativo, aunque condicionado por diversos elementos, como la propia percepción de los estudiantes, que se impacta no sólo por las características culturales, familiares, socioeconómicas u otros que determinan los parámetros de medida que habrán de considerar para valorar un espacio. Se incluye como una condicionante, el tiempo, que va transformando la apreciación del mismo espacio durante el tránsito en la escuela. Al comparar las respuestas de los estudiantes de segundo semestre, quienes han pasado menos tiempo en el espacio escolar, con respecto a los estudiantes de décimo semestre, se encuentra que 78.6 % de los estudiantes de segundo semestre afirma que los jardines y arbolados universitarios son bellos; mientras que 64.7 % de décimo semestre afirma lo mismo (véase la pregunta 1).

De igual forma, los hallazgos señalan que los estudiantes perciben el espacio escolar como un lugar *muy arbolado y de gran variedad de plantas* (véase la pregunta 12) y que, además, favorece la disminución de la temperatura ambiental (véase la pregunta 18) y que permite sobrellevar más fácilmente dichas temperaturas gracias a las plantas y arboledas universitarias (véase la pregunta 19). Cabe mencionar que de acuerdo con el Sistema Meteorológico Nacional la ciudad de San Juan Bautista Tuxtepec llega a alcanzar temperaturas máximas de 43, 43.5 y 44 grados centígrados durante los meses de marzo, abril y mayo respectivamente, según datos históricos entre 1951 y 2010 (CONAGUA, 2010). Para Laorden y Pérez “Cualquier espacio de nuestra escuela es susceptible de ser espacio educativo y, por lo tanto, debemos organizarlo coherentemente con respecto a nuestros proyectos y programas” (Laorden Gutiérrez & Pérez López, 2002, pág. 134). Si bien los jardines y arbolado en la universidad no tienen una vinculación directa con los proyectos y programas, sí se consideran dentro del modelo educativo universitario como un elemento fundamental durante el proceso de formación de los estudiantes y como la posibilidad de integrar los valores estéticos que se generan a la personalidad del estudiante. Cabe referir que los valores en la escuela son una constante que se presenta de forma transversal en el modelo educativo del siglo XXI, no sólo en proyectos y programas sino todas las prácticas al interior del espacio escolar y redundan en la formación integral del estudiante, pero también en el alcance o no de los perfiles de egreso, como se refiere en el apartado de la perspectiva teórica de este artículo. Súmese a eso lo que Mateos Blanco expresa al señalar que:

...no debemos olvidar que la manera según la cual el estudiante entienda y perciba su vida escolar va condicionar, en gran parte, su integración socioeducativa, su éxito escolar, sus relaciones con los iguales o su propia identidad personal (Mateos Blanco, 2009, pág. 286).

Si bien la percepción del orden de los jardines y arbolados (véase la pregunta 2), así como su relación con la mejora del estado de ánimo (véase la pregunta 6) y la capacidad de éstos para provocar tranquilidad (véase la pregunta 7) no tuvieron una inclinación totalitaria del grupo por la opción más alta de valor, el porcentaje sumatorio de las escalas de opinión refrenda el carácter positivo de la apreciación del estudiantado. El orden se viste de importancia más allá del aula en la comunicación de los valores estéticos que persigue el modelo educativo.

Para Ruiz Ruiz (1994):

La escuela no es un conjunto de aulas. La escuela, pensamos, es un todo, es un ambiente educativo y global. Es un organismo vital y, por tanto, entre sus partes tiene que haber una comunicación ordenada para los receptores de cualquier tipo de mensaje (Ruiz Ruiz, 1994, pág. 102).

Lo que es más, “la estética cotidiana escolar puede ser valorada en relación con la experimentación de valores como el orden, la belleza, la limpieza o sus opuestos, muy vinculada a lo visual” (Alonso-Sanz, 2017, pág. 3); y en el caso concreto de la región en la que la universidad se edifica, una cuenca, por las características climatológicas de calor y humedad, las previsiones del modelaje educativo, con respecto al fomento de valores estéticos, no sólo impacta favorablemente lo que se dispone a la vista, sino la percepción sensorial y real del medio ambiente: sombra/sol; fresca/calor. Asimismo, ha sufrido la misma tendencia la apreciación con respecto a la relación establecida entre las condiciones de desarrollo de las actividades universitarias y la presencia de la vegetación, indicando una relación de mejora condicionada por los recursos vegetales (véase la pregunta 9). Al indagar en el estudiantado si hacen uso adecuado de los espacios transitorios de la universidad, esto en virtud de que es justo en ellos donde se hace notable la presencia de vegetación y árboles, la tendencia es favorable, pues se indica un buen uso de ellos (véase la pregunta 11), así como mantener y/o preservar las especies de plantas y árboles en la universidad (véase la pregunta 17). Alonso-Sanz explica que:

La experiencia estética cotidiana ubicada en los tránsitos al trabajo, en los viajes, en lo recreativo, en lo ordinario, aun cuando pueda parecer triviales pueden tener grandes consecuencias en la calidad de vida (Alonso-Sanz, 2017, pág. 3).

Por eso el interés sobre los espacios transitorios han sido observados al valorar las premisas de promoción de valores estéticos que se promueven mediante los trabajos de forestación y jardinería al interior de la universidad.

Las únicas preguntas en las que se polarizaron las opiniones notoriamente al responderse por los estudiantes son si los que vinculan la personalidad de los estudiantes con la representación que en ellos sugieren los jardines y arbolados en el espacio universitario (véase la pregunta 8) y la que vincula el desempeño académico con la vegetación existente (véase la pregunta 10):

...el hombre es un ser espacial que vive inmerso en lugares físicos, psíquicos y sociales (Ruiz Ruiz, 1994, pág. 94). Y su vinculación con el espacio traza rasgos que lo distinguen y particularizan, pues pueden traer como consecuencias rasgos y cualidades del sujeto. A pesar de ello, no es común el reconocimiento de las implicaciones del espacio en nuestra vida cotidiana con respecto a nuestra personalidad, aunque el nivel de consciencia sobre el uso de los espacios sea cada vez mayor en la medida en que la urbanización empuja a nuevas reconfiguraciones del mismo.

Martínez *et al* (2018), al hablar sobre los efectos restauradores de la naturaleza en espacios urbanos, señalan que:

Diversos estudios han demostrado que el contacto con la naturaleza puede contribuir a reducir el estrés y promover estados de humor positivos y un adecuado funcionamiento cognitivo (Martínez-Soto, Montero-López Lena, & Córdova y Vázquez, 2014, pág. 218). Cada vez más se vuelve necesario pensar en la naturaleza y en sus implicaciones en la vida cotidiana, incluyendo en esto el espacio en la escuela.

La experiencia perceptiva al contemplar el paisaje escolar permite en las comunidades estudiantiles una experiencia más profunda y completa, pues la vegetación plantada con el tiempo en el espacio escolar ha construido un paisaje que cotidianamente confronta los sentidos –oído, olfato, vista e incluso, gusto– y empuja, como en sus estudios del paisaje refiere Abbud (2006) a una experiencia pedagógica que muchas veces puede modelarse como educación ambiental.

Con respecto al conocimiento que los estudiantes de biotecnología guardan sobre la variedad de plantas y árboles que crecen dentro del espacio universitario, la tendencia es favorable en el grupo (véase la pregunta 13). Al estudiarse diferencias por semestre se identifica que a mayor tiempo en el espacio universita-

rio el conocimiento se incrementa, retratándose en el porcentaje de la opción más recurrente:

“Algunas”. Mientras se representa con 57.1 % para estudiantes de segundo semestre, significa 76.5 % para los estudiantes de décimo semestre. De igual manera, el conocimiento sobre la diversidad vegetativa, pues mientras 28.6 % de estudiantes de segundo semestre afirma que “Todas” las especies que se encuentran en la universidad son de la región y/o representativas, sólo 11.8 % de los estudiantes de décimo semestre lo piensa (véase la pregunta 14). Y, en general, gran parte del estudiantado opina que las especies vegetales dentro del espacio escolar son representativas de la región (véase la pregunta 14). Aunque una parte importante de los estudiantes entrevistados afirman que sólo han notado algunos cambios en el transcurso del tiempo con respecto al desarrollo y aumento de la vegetación (véase la pregunta 15), a lo que Alonso-Sanz piensa:

No cabe duda que el propio edificio se erige como continente estético capaz de albergar subestructuras estéticas a su vez. Y que esta envolvente puede dotar de sentido y significado simbólico a cuanto recoja en su interior (Alonso-Sanz, 2017, pág. 2).

Los jardines y arboleda de la UNPA representan esas subestructuras estéticas y cobran valor ambiental y funcional en la región. Guardan alto sentido y significado para los actores educativos, en particular cuando la vegetación a la vista puede referirnos particularidades regionales y conformar o sumar elementos para la apropiación del espacio, pero también para la identidad y contribución medio ambiental local, regional o planetaria. Aunque con cierta modestia. En primer lugar, por la falta de un plan de manejo de flora en las áreas verdes de la universidad, con una intención clara de qué tipo de diversidad biológica se quiere promover en el paisaje universitario. En segundo lugar, porque si el tratamiento adecuado de las aguas residuales, el reciclado o reúso de residuos sólidos, el uso de materiales que son producidos sustentablemente, el uso de tecnologías apropiadas para diversas tareas, entre otras labores sustentables, ya son acciones que se llevan a cabo al interior del espacio escolar estudiado, este espacio no cuenta con un proyecto que vincule todas esas acciones al fortalecimiento de los valores estéticos que promueve el modelo educativo o un proyecto de desarrollo escolar que reflexione de manera articulada los trabajos en sus jardines y su correspondencia con los elementos teóricos del modelo que puedan vincularse, al menos, a las consecuencias del crecimiento de los ambientes urbanos y el deterioro medio ambiental, en tanto inciden en la relación del proceso enseñanza-aprendizaje.

La urbanización en México de los espacios ha sido continua y creciente. A mediados del siglo XX Unikel señala:

El proceso de urbanización y el acelerado crecimiento de la población total constituyen, sin duda alguna, dos de los fenómenos a escala mundial de mayor importancia en el desarrollo de la sociedad humana y del medio en que ésta se desenvuelve (Unikel, 1968, pág. 139).

Cabe recordar que el tema de valores como una propuesta transversal del modelaje educativo se instituye como respuesta a las preocupaciones sociales apremiantes. Y, Sobrino (2011) nos muestra cómo entre 1900 y 2010 la población urbana en México se multiplicó 55 veces al pasar de 1.4 a 79 millones de habitantes (Sobrino, 2011, pág. 2). La urbanización ha traído consigo cambios en la manera en que se organizan los espacios y en países subdesarrollados la urbanización ha estado vinculada a los procesos de industrialización. En todos los casos la urbanización ha supuesto impactos al medio ambiente y en el ser humano, tanto y de tal suerte que, dentro de una de las disciplinas vinculada a la salud humana y a la puesta en marcha del modelaje educativo desde la teoría curricular, la psicología se ha propuesto el concepto de *restauración psicológica*. Para Martínez-Soto y otros (2014) el concepto implica dos dimensiones:

...el “funcionamiento cognitivo” y la “dimensión emotiva”. La primera vinculada a la “capacidad de concentración y atención dirigida”, y la segunda “medida como incremento en el afecto positivo y una sensación de funcionamiento afectivo” (Martínez-Soto, Montero-López Lena, & Córdova y Vázquez, 2014, pág. 219).

La concentración, la atención dirigida y, por supuesto, el afecto positivo en los procesos de enseñanza y aprendizaje son sustantivos para el logro escolar. Estos mismos autores sostienen que:

...Las personas tienden a atribuir más cualidades restauradoras a los ambientes naturales que a los ambientes urbanos sin naturaleza [...] y, afirman que en diversos estudios sobre efectos restauradores de la naturaleza urbanas pueden identificarse cuatro variables ambientales críticas para promover la restauración psicológica:

- a. la visibilidad de contenido vegetal apreciable a través de las ventanas;
- b. los jardines y macetas con plantas;
- c. las imágenes de naturaleza, y
- d. la proximidad de áreas verdes exteriores (Martínez-Soto, Montero-López Lena, & Córdova y Vázquez, 2014, pág. 218).

En virtud de lo anterior y a los hallazgos durante la revisión teórica en el ámbito de los principales autores de influencia en el modelaje curricular en la educación superior en México, se presume importante no pasar por alto durante el modelaje curricular la inclusión de consideraciones con respecto a las variables ambientales que puedan fortalecer emociones y estados psicológicos favorables para los actores escolares, incluyendo a la flora, un aspecto importante de varios en el ambiente escolar. Súmese a esto una discusión ausente en este texto, que va más allá de lo estético, pero que implica ejercicio de valores y que se supone hoy un tema apremiante en cualquier ámbito global: *la conservación y cuidado del medio ambiente*. No sólo una coincidencia, sino un requerimiento trascendental en nuestra condición humana-planetary que puede promoverse desde los principios fundantes de cualquier proyecto curricular.

Conclusiones

Para Casarini Ratto un modelo es

...una representación de ideas, acciones y objetos, de modo tal que dicha representación sirva como guía a la hora de llevar a cabo un proyecto curricular a la práctica (Casarini Ratto, 2017, pág. 121).

El modelo educativo del SUNEО, presente en la Universidad del Papaloapan, precisa que el interés y aliento sobre los valores estéticos tienen relación con el tipo de ambientes favorables que se desean para los procesos formativos. Durante 14 años la Universidad del Papaloapan ha invertido recursos humanos y materiales y logrado reforestar las hectáreas asignadas para sus instalaciones, transformando favorablemente no sólo el paisaje sino el ambiente escolar, según datan los resultados de esta investigación. La progresiva reforestación que lleva hoy a contar con bellos jardines y arboleda en el campus Tuxtepec de la Universidad del Papaloapan tiene ya consecuencias favorables en la percepción estudiantil del ambiente de los estudiantes de Ingeniería en Biotecnología; sin embargo, a falta de un plan de manejo de la flora y un proyecto de desarrollo universitario en el campus que vincule los elementos del modelaje curricular con la formación en valores y el medio ambiente y el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como la desarticulación del perfil de egreso del ingeniero en biotecnología con la responsabilidad medio ambiental propicia que el aprovechamiento de los jardines sea limitado en su uso, pues podría dar pauta a fortalecer la diversidad biológica de la región de una forma más consciente; ampliar el conocimiento que se tiene de las especies en la región (y no sólo sobre las plantas y árboles, pues hoy podemos observar en el campus un número amplio de aves, mamíferos y reptiles); propiciar prácticas diversas para la

formación en valores y contenidos de los estudiantes y tornarse, en general, en un instrumento pedagógico para el cambio hacia una comunidad educativa más sustentable.

Los resultados también reflejan que los estudiantes de Ingeniería en Biotecnología no establecen relación entre la vegetación y el proceso enseñanza-aprendizaje, la revisión del tema nos hace reflexionar a la flora como una variable que favorece la formación integral de éstos y debe ser incluida dentro del modelo educativo como un recurso indispensable para encontrar de forma positiva y deseable un ambiente de aprendizaje. La discusión es necesaria, particularmente por el valor que han cobrado los recursos naturales y el medio ambiente en el siglo XX, aunque no sea éste el propósito explícito en el modelaje educativo del SUNEО.

Hoy la flora que forma parte del entorno de la universidad cumple los objetivos del modelo educativo, al lograr que la naturaleza abundante sea capaz de propiciar ambientes favorables, positivos; provocando des-estrés, serenidad, tranquilidad, relajamiento y otras emociones de armonización en el estudiantado, que pueden ayudar a evitar riñas, tensión o problemas entre ellos, una previsión hecha en el mismo documento. Las riñas, la tensión o los problemas entre los hacedores de la universidad no son hechos que puedan exentarse con tan sólo un ambiente de mayor vegetación, pues las dinámicas sociales superan en complejidad el tema; sin embargo, las previsiones de esta índole en el modelaje traen, como se observa en esta investigación, orientaciones positivas al ambiente escolar, percibidas en el día con día por una parte importante de la comunidad escolar: el estudiantado y dan pauta a las mejoras del modelo educativo, al menos al señalarse necesario enriquecer y articular todas las acciones hacia comunidades educativas más sostenibles.

Como limitantes en este estudio cabe señalar que la lógica del desarrollo sustentable y el cuidado medio ambiental de los pueblos con respecto al proceso de enseñanza-aprendizaje en educación superior tienen implicaciones más amplias, que aquí no se discuten, pero que ofrecen pistas, pues este proceso invita a pensar en otro tipo de factores que propiciarán o no el mejor entorno para el desarrollo intelectual, situado en las interacciones cotidianas de todos/as sus participantes, dentro y fuera del aula y en las condiciones contextuales, culturales y materiales del hecho escolar. Dentro de estas limitantes puede señalarse la ausencia de la inclusión de variables que permitan observar la relación del arbolado y/o el ambiente vegetal con el rendimiento escolar, desde un enfoque que supere el alcance de esta investigación, como puede ser un estudio comparativo, de causa efecto, que implique incluso una retrospectiva parcial que permita evaluar la viabilidad de políticas y estrategias educativas y permitan alguna mejora en el modelado educativo.

Finalmente, cabe recordar que el fomento de valores en el ámbito escolar está asociado al cumplimiento del compromiso social de la escuela –ser ciudadano, por ejemplo–, el ser para la vida y la convivencia humana. Y la revisión de las previsiones modeladas desde el currículum formal da oportunidades a revisar y desarrollar mejoras en la práctica educativa y en el diseño de los programas de estudio y sus perfiles formativos o profesionales, que representan la posibilidad de solucionar de la forma más pertinente los problemas apremiantes de las realidades en nuestras regiones en México.

Se declara que la obra que se presenta es original, no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación, así también que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

• Referencias

- Abbud, B. (2006). *Criando paisagens. Guia de trabalho em arquitetura paisagística*. San Paulo: SENAC.
- Alonso-Sanz, A. (2017). “Escuelas: espacios equivocados frente a los deseados por escolares.” *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 17(3), 1-33. <http://dx.doi.org/10.15517/aie.v17i3.29824>
- Arnaz, J. A. (2016). *La planeación curricular*. Ciudad de México: Trillas.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: guía práctica*. Barcelona: CEAC.
- Casarini Ratto, M. (2017). *Teoría y diseño curricular* (tercera ed.). México: Trillas.
- Comisión Nacional del Agua [CONAGUA]. (2010). *Sistema Meteorológico Nacional. Normales climatológicas. Oaxaca. Estación San Juan Bautista Tuxtepec*. Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales5110/NORMAL20210.TXT>
- Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad [CONABIO]. (2018). *Estrategia para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad del estado de Oaxaca*. Ciudad de México: CONABIO
- Comisión Nacional para el uso y Conocimiento de la Biodiversidad [CONABIO]. (2022). *La biodiversidad en Oaxaca. Estudio de estado. Vol. I*. Ciudad de México: Conabio
- Díaz Barriga, Á. (2015). *Currículum: entre utopía y realidad*. Buenos Aires: Agenda educativa.
- Díaz-Barriga Arceo, F., Lule González, M. d., Pacheco Pizón, D., Saad Dayán, E., & Rojas-Drummond, S. (2015). *Metodología de Diseño Curricular para Educación Superior*. México: Trillas.
- El piñero*. (25 de agosto de 2017). “Avistan tucanes en la unpa de Tuxtepec,” obtenido de *El piñero. Periodismo y debate*. Recuperado de: <https://www.elpinero.mx/avistan-tucanes-la-unpa-tuxtepec/>
- Gimeno Sacristán, J. (2015). “El currículum como estudio del contenido de la enseñanza,” en J. Gimeno Sacristán, M. Á. Santos Guerra, J. Torres Santomé, J. P. W., & J. Marrero Acosta, *Ensayos sobre el currículum: Teoría y práctica* (pp. 29-62). Madrid: Morata.
- Gimeno Sacristán, J. (2013). *El currículum: una reflexión sobre la práctica* (décima edición). Madrid: Morata.
- Laorden Gutiérrez, C., & Pérez López, C. (2002). “El espacio como elemento facilitador del aprendizaje. Una experiencia en la formación inicial del profesorado.” *Pulso*, 25, 133-146.
- Martínez González, R. A. (2007). *La investigación en la práctica educativa: Guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docentes*. Madrid: CIDE.

- Martínez-Soto, J., Montero-López Lena, M., & Córdova y Vázquez, A. (2014). "Restauración psicológica y naturaleza urbana: algunas implicaciones para la salud mental". *Salud mental*, 37 (3), 217-224. <http://dx.doi.org/10.17711/SM.0185-3325.2014.025>
- Mateos Blanco, T. (2009). "La percepción del contexto escolar. Una imagen construida a partir de las experiencias de los alumnos". *Cuestiones Pedagógicas*, 19, 285-300.
- Panza, M. (1986). *Pedagogía y currículo*. México: Gernika.
- Rojas Bravo, G. (2005). *Modelos Universitarios. Los rumbos alternativos de la universidad y la innovación* (primera edición). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica (FCE)
- Ruiz Ruiz, J. M. (1994). El espacio escolar. *Revista Complutense de Educación*, 5 (2), 93-104. 21
- Secretaría de Desarrollo Agrario y Desarrollo Urbano [SEDATU], Comisión Nacional de Vivienda [CONAVI], Banco Mundial [BM] (2021). *Manual para la vivienda sustentable en San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca*. Ciudad de México: SEDATU/CONAVI/BM
- Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable [SEMAEDES] (2020). *Nuestras raíces. Catálogo de árboles notables y emblemáticos del estado de Oaxaca*. Ciudad de Oaxaca: SEMAEDES.
- Seara Vázquez, M. (2009). *Un nuevo modelo de universidad*. Huajuapán de León: Publicaciones del SUNEO.
- Sobrino, J. (2011). *La urbanización en el México contemporáneo*. Santiago: CEPAL.
- Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca [SUNEO]. (27 de junio de 2019). Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca. Recuperado de: <http://www.suneo.mx/>
- Sistema de Universidades Estatales de Oaxaca [SUNEO]. (20 de julio de 2021). Oferta Educativa. Recuperado de: https://www.suneo.mx/oferta_licenciaturas.html
- Taba, H. (1974). *Elaboración del currículum*. Buenos Aires: Troquel.
- Tünnermann Bernheim, C. (2008). *Modelos educativos y académicos*. Managua: HISPAMER.
- Tyler, R. W. (1973). *Principios básicos del currículum*. Buenos Aires: Troquel.
- Unikel, L. (1968). El proceso de urbanización en México. Distribución y crecimiento de la población urbana. *Estudios Demográficos y urbanos*, 2 (2), 139-184.
- Universidad del Papaloapan [UNPA]. (Enero de 2019). *Ingeniería en Biotecnología*. Recuperado de: https://www.unpa.edu.mx/ing_biotecnologia.html#perfil_egresado
- Universidad del Papaloapan [UNPA]. (20 de noviembre de 2018). *Universidad del Papaloapan*. Recuperado de: www.unpa.edu.mx/nuestrauniversidad.html
- Universidad del Papaloapan [UNPA]. (2019). Resultado de la auditoría de la matrícula 2019. San Juan Bautista Tuxtepec: UNPA.
- Vélez Chablé, G., & Terán Delgado, L. (2010). *Modelos para el diseño curricular*. *Pampedia*, 6, 55- 65.

Maximiliano De Las Fuentes Lara es doctor en Educación Superior en Ingeniería por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es profesor titular y coordinador de las asignaturas de Cálculo Integral y Ecuaciones Diferenciales de la Facultad de Ingeniería Mexicali, de la misma universidad. Su línea de investigación está centrada en la problemática de la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las matemáticas para ingeniería.

Wendolyn Elizabeth Aguilar Salinas es doctora en Ciencias por la Universidad Autónoma de Baja California. Actualmente es profesora titular y responsable de Etapa Básica de la Facultad de Ingeniería Mexicali, de la misma universidad. Su línea de investigación está centrada en el aprendizaje y enseñanza de las matemáticas, en las técnicas y tecnologías de enseñanza, así como en las modalidades educativas.

Oscar David Calvo Solano cuenta con un bachillerato y una licenciatura en Terapia Física de la UCR, es bachiller en Física y estudiante de la Maestría en Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de Costa Rica (UCR). Se desempeña como Oficial Técnico (especialista en Climatología y Sistemas de Alerta Temprana) para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su Oficina de País en Guatemala. Cuenta con más de diez años de experiencia en estudios de cambio climático y variabilidad climática, análisis de bases de datos climáticos, estudios agrometeorológicos y análisis de sequías y periodos secos. Es consultor en temas climatológicos e hidrológicos en CUDECA—ECOS (Culturas y Desarrollo en Centroamérica) y ONU—Medio Ambiente; consultor independiente en Meteorología (Climatología) para el Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH) del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA); y colaborador en el Programa de Estudios Sociales de la Ciencia, Técnica y el Medio Ambiente (PESCTMA) del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la UCR. Posee experiencia en programación científica y también en la coordinación y apoyo de talleres, congresos y conferencias nacionales e internacionales con diferentes tópicos; con experiencia comprobada dando soporte a diferentes proyectos en instituciones como universidades y municipios en criterios ambientales y agrometeorológicos. Entre sus temas de interés se encuentran: agrometeorología, hidrología, programación científica y teoría de redes, en los cuales desarrolló una pasantía en el Programa Estado de la Nación (PEN) en Costa Rica con respecto a ciudades intermedias y dinámica de transacciones comerciales. Asimismo, cuenta con diversas publicaciones científicas nacionales e internacionales en las materias previamente mencionadas.

Rafael Evelio Granados Carvajal es economista con maestría en Políticas Económicas y posgrado en Análisis Cuantitativo de la Política Agrícola, además cuenta con un doctorado en Gobierno

y Políticas Públicas. Es profesor e investigador; catedrático de la Universidad Nacional de Costa Rica; investigador en la Universidad de Costa Rica. Como académico trabajó en la Dirección de la Escuela de Ciencias Agrarias en la Universidad Nacional de Costa Rica; fue director de la maestría en Desarrollo Rural de la Universidad Nacional de Costa Rica; coordinador del Programa de Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente (PESCTMA) de la Universidad de Costa Rica; e investigador del Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) en la Universidad de Costa Rica. Además, se desempeñó como consultor del Banco Interamericano de Desarrollo (Oficina de Costa Rica) y como coordinador del Programa Soberanía Alimentaria del Caribe de Costa Rica, Universidad Nacional-Coopibo, ong Belga. De igual modo, ha realizado investigaciones y publicaciones relacionados con temas de políticas públicas, desarrollo rural, economía, seguridad alimentaria y desarrollo.

Ramón Masís Rojas es licenciado en Bibliotecología y Ciencias de la Información de la Universidad de Costa Rica y máster en Administración de Proyectos de la Universidad para la Cooperación Internacional. Es docente de tiempo completo en la Universidad de Costa Rica, Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información, con más de quince años de experiencia docente en el campo. Ha participado en proyectos de investigación nacionales e internacionales. Actualmente ocupa el cargo de director de la Escuela de Bibliotecología y Ciencias de la Información para el periodo 2021-2024.

Mireya del Socorro Ovando Rocha es licenciada en Enseñanza del idioma inglés a nivel medio superior por la Escuela Normal Superior del Sur de Tamaulipas, ingeniera química con especialidad en Medio Ambiente por el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero (ITCM) del Tecnológico Nacional de México (TecMN) y maestra en Ingeniería Ambiental por la Universidad del Noreste (UNE). Ha participado en diversos congresos de investigación en ciencia de materiales nacionales e internacionales, tiene un capítulo de libro publicado en editorial de prestigio, es coautora de dos artículos de divulgación, un *preprint* y un artículo en extenso de congreso. Es Profesora-Investigadora Tiempo Completo Titular A en el área de Química Industrial y Nanotecnología en la Universidad Tecnológica de Altamira (UTA) e imparte las materias de Química Básica, Química Orgánica, Química Inorgánica, Química Analítica, Metodología de la Investigación, Proyectos Integradores e Inglés. Es miembro de la Academia de Medio Ambiente y Prospección Sustentable de la UTA, así como miembro activo del grupo de Materiales y Tecnologías para Energía, Salud y Medio Ambiente (GESMAT) del CICATA-IPN, Unidad Altamira. Además, es profesora invitada en los programas de posgrado de Innovación en la Industria de la UNE.

Felipe Caballero Briones es doctor en Ciencia y Tecnología de Materiales por la Universidad de Barcelona, España. Es investigador nacional Nivel III; miembro de la Academia Mexicana de Ciencias; líder del Grupo de Materiales y Tecnologías para Energía, Salud y Medio Ambiente (GESMAT) en el CICATA Altamira del Instituto Politécnico Nacional, y coordinador del Proyecto Fomento a las Vocaciones Científicas en Alumnos de Licenciatura ediciones 2021 y 2022. Además, cuenta con experiencia en preparación y caracterización de materiales basados en grafeno.

Diana del Carmen Torres Corrales es ingeniera industrial y de sistemas y maestra en Matemática Educativa por el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y doctora en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav). Ha participado como instructora, tutora y diseñadora de materiales para el desarrollo profesional docente. Se desempeña como profesora a nivel licenciatura y maestría, actualmente adscrita al Departamento de Matemáticas del ITSON, categoría en el SNI: candidata. Es miembro del comité de arbitraje de revistas indizadas en la disciplina, del Grupo de Investigación Formación de Ingenieros desde la Matemática Educativa (FIME) y del Comité Latinoamericano de Matemática Educativa (CLAME). Trabaja en la línea de construcción social del pensamiento matemático para la formación de ingenieros.

Gisela Montiel Espinosa es licenciada en Matemáticas Aplicadas y Computación por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), maestra en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa por el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y doctora en Ciencias en Matemática Educativa por el IPN. Es investigadora desde 2014, coordinadora académica desde 2020 en el Departamento de Matemática Educativa del Cinvestav del IPN y miembro del Sistema Nacional de Investigadores del Conacyt en México. Actualmente trabaja en las líneas de generación y aplicación de conocimiento sobre construcción social del pensamiento matemático, entornos tecnológicos de aprendizaje de las matemáticas y fundamentos, historia y epistemología de las matemáticas.

Samara Guzmán Enríquez es maestra en Ciencias en Horticultura Internacional (Essex University), maestra en Administración (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco), diplomada en Neurobiología en el Comportamiento Humano (Universidad Autónoma de Tlaxcala), en Neuroeducación (Escuela Normal Urbana Federal Jesús Romero Flores), en Organizaciones Acuícolas y Pesqueras (ITESM, Conapesca, Fira, Inca), en Agricultura Orgánica (Colegio de Posgraduados), en Agricultura, Horticultura y

Negocios Agropecuarios (HAS Den Bosch University) y candidata a doctora en Innovación Educativa (Tecnológico de Monterrey). Cuenta con más de veinte años de experiencia académica a nivel licenciatura y posgrado. Su línea de investigación es innovación educativa en temas socioculturales, socioemocionales, psicopedagógicos y educación basada en competencias.

Katherina Gallardo es licenciada en Pedagogía por el Instituto Pedagógico Nacional de Monterrico de Perú, maestra en Psicología Educativa por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y doctora en Innovación y Tecnología Educativa por el Tecnológico de Monterrey (ITESM). Cuenta con varias publicaciones a nivel nacional e internacional, tanto en revistas de alto impacto como en libros publicados por diferentes instituciones universitarias. Es líder de la Unidad de Investigación en Educación Basada en Competencias del Instituto del Futuro de la Educación y profesora en el nivel de posgrado de la Escuela de Humanidades y Educación del Tecnológico de Monterrey. Además, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores avalado por el Conacyt (Nivel II). Sus temáticas de mayor interés son evaluación del aprendizaje y educación basada en competencias y su línea de investigación es estudios psicopedagógicos.

Nelly Eblin Barrientos Gutiérrez es doctora en Estudios Regionales por la Universidad Autónoma de Chiapas. Desde el 2015 labora en el Programa Investigadoras e Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Dentro de sus últimas publicaciones se encuentra el artículo *Referencias histórico-autobiográficas del Centro Ecoturístico Las Guacamayas, patrimonio biocultural en la selva en Chiapas, México* y los capítulos de libro *Cambios en el marco regulatorio de las relaciones trabajador-empresa turística en la nueva normalidad* y *Desafíos del turismo sostenible: el caso del altar de muertos de una comunidad chinanteca*. Desarrolla dos líneas de investigación: 1) Turismo sustentable y 2) Desarrollo curricular y educación en y para la inclusión.

Objetivos de la revista

Innovación Educativa es una revista científica mexicana, arbitrada por pares a ciegas, indizada y cuatrimestral, que publica artículos científicos inéditos en español e inglés. La revista se enfoca en las nuevas aproximaciones interdisciplinarias de la investigación educativa para la educación superior, donde confluyen las metodologías de las humanidades, ciencias y ciencias de la conducta. *Innovación Educativa* es una revista que se regula por la ética de la publicación científica expresada por el *Committee of Publication Ethics*, COPE, y se suma a la iniciativa de acceso abierto no comercial (*open access*), por lo que no aplica ningún tipo de embargo a los contenidos. Su publicación corre a cargo de la Dirección de Formación e Innovación Educativa de la Secretaría Académica del Instituto Politécnico Nacional. La revista sostiene un riguroso arbitraje por pares a ciegas que permite la igualdad de oportunidades para toda la comunidad científica internacional, guiándose por una política de igualdad de género, y rechazando abiertamente las prácticas de discriminación por raza, género o región geográfica.

Lineamientos para presentar originales

En su tercera época recibe contribuciones en español e inglés todo el año para la sección *Innovus*. *Innovación Educativa* incluye una sección temática en cada número llamada *Aleph*; los artículos para esta sección se solicitan por convocatoria abierta tres veces al año. Los trabajos de ambas secciones serán arbitrados por pares a ciegas, se analizan con software de coincidencias por lo que los autores deberán cuidar a detalle la originalidad, la redacción, el manejo de referencias y citas en estricto apego a los lineamientos de la revista. La originalidad, la argumentación inteligente y el rigor son las características que se esperan de las contribuciones.

Innovación Educativa únicamente recibe trabajos científicos inéditos y no acepta género periodístico. Con el fin de agilizar la gestión editorial de sus textos, los autores deben cumplir con las siguientes normas de estructura, estilo y presentación.

Tipos de colaboración

- Investigación. Bajo este rubro, los trabajos deberán contemplar criterios como el diseño pertinente de la investigación, la congruencia teórica y metodológica, el rigor en el manejo de la información y los métodos, la veracidad de los hallazgos o de los resultados, la discusión de resultados, conclusiones, limitacio-

nes del estudio y, en su caso, prospectiva. La extensión de los textos deberá ser de 15 cuartillas mínimo y 25 máximo, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas deberán ir numeradas y estar escritas a espacio y medio. Estas contribuciones serán enviadas a las secciones *Aleph* e *Innovus*.

- ▶ Intervenciones educativas. Deberán contar con un sustento teórico-metodológico encaminado a mostrar innovaciones educativas. La extensión de estos trabajos es de 15 cuartillas mínimo y 25 máximo, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas irán numeradas y se escribirán a espacio y medio. Estas contribuciones se enviarán a las secciones *Aleph* e *Innovus*.
- ▶ Reseñas de libros. Deberán aproximarse de manera crítica a las ideas, argumentos y temáticas de libros especializados. Su extensión no deberá exceder las tres mil palabras, calculadas con el contador de Word, incluidas gráficas, notas y referencias. Las páginas irán numeradas, con interlínea de espacio y medio. Estas contribuciones se enviarán a la sección *Ex-libris*.

Requisitos de entrega

- ▶ Los trabajos deberán presentarse en tamaño carta, con la fuente Times New Roman de 12 puntos, a una columna, y en mayúsculas y minúsculas.
- ▶ El título deberá ser bilingüe (español e inglés) y no podrá exceder las 15 palabras.
- ▶ Toda contribución deberá ir acompañada de un resumen en español de 150 palabras, con cinco a seis palabras clave que estén incluidas en el vocabulario controlado del IRESIE, más la traducción de dicho resumen al inglés (*abstract*) con sus correspondientes palabras clave o keywords (obsérvese la manera correcta de escribir este término). Las palabras clave se presentarán en orden alfabético. Puede acceder al vocabulario en la página electrónica www.iisue.unam.mx.
- ▶ Todos los trabajos deberán tener conclusiones.
- ▶ Los elementos gráficos (cuadros, gráficas, esquemas, dibujos, fotografías) irán numerados en orden de aparición y en el lugar idóneo del cuerpo del texto con sus respectivas fuentes al pie y sus programas originales. Es decir, *no deberán insertarse en el texto con el formato de imagen*. Las fotografías deberán tener mínimo 300 dpi de resolución y 140 mm de ancho.
- ▶ Se evitarán las notas al pie, a menos de que sean absolutamente indispensables para aclarar algo que no pueda insertarse en el cuerpo del texto. La referencia de toda cita textual, idea o paráfrasis se añadirá al final de la misma, entre paréntesis, de acuerdo con los lineamientos de la American Psychological Association (APA). La

lista de referencias bibliográficas también deberá estructurarse según las normas de la apa y cuidando que todos los términos (&, In, New York, etcétera) estén en español (y, En, Nueva York, etcétera). Todo artículo de revista digital deberá llevar el doi correspondiente, y a los textos tomados de páginas web modificables se les añadirá la fecha de recuperación. A continuación se ofrecen algunos ejemplos.

- Libro
 - Skinner, B. F. (1971). *Beyond freedom and dignity*. Nueva York, N. Y.: Knopf.
 - Ayala de Garay, M. T., y Schwartzman, M. (1987). *El joven dividido: La educación y los límites de la conciencia cívica*. Asunción, PA: Centro Interdisciplinario de Derecho Social y Economía Política (CIDSEP).
- Capítulo de libro
 - Helwig, C. C. (1995). Social context in social cognition: Psychological harm and civil liberties. En M. Killen y D. Hart (Eds.), *Morality in everyday life: Developmental perspectives* (pp. 166-200). Cambridge, RU: Cambridge University Press.
- Artículo de revista
 - Gozávez, V. (2011). Educación para la ciudadanía democrática en la cultura digital. *Revista Científica de Educomunicación* 36(18), 131-138.
- Artículo de revista digital
 - Williams, J., Mark G., y Kabat-Zinn, J. (2011) Mindfulness: Diverse perspectives on its meaning, origins, and multiple applications at the intersection of science and dharma. *Contemporary Buddhism* 12(1), 1-18. doi: 10.1080/14639947.2011.564811
- Fuentes electrónicas
 - Sistema Regional de Evaluación y Desarrollo de Competencias Ciudadanas (2010). *Sistema Regional de Evaluación y Desarrollo de Competencias Ciudadanas*. Recuperado de: http://www.sredecc.org/imagenes/que_es/documentos/SREDECC_febrero_2010.pdf
 - Ceragem. (n. d.). Support FAQ. Recuperado el 27 de julio de 2014, de: <http://basic.ceragem.com/customer/customer04.asp>

Entrega de originales

El autor deberá descargar del sitio web de la revista, llenar y adjuntar a su contribución el formato único que integra la siguiente información:

- ▶ Solicitud de evaluación del artículo. La declaración de autoría individual o colectiva (en caso de trabajos realizados por más de un autor); cada autor o coautor debe certificar que ha contribuido directamente a la elaboración intelectual del trabajo y que lo aprueba para ser evaluado por pares a ciegas y, en su caso, publicado. Declaración de que el original que se entrega es inédito y no está en proceso de evaluación en ninguna otra publicación. Datos: nombre, grado académico, institución donde labora, domicilio, teléfono, correo electrónico.
- ▶ Curriculum vitae resumido del autor, en hoja aparte.
- ▶ El trabajo y los documentos solicitados arriba se enviarán a la dirección electrónica:
coord.educativa.ie@gmail.com, con copia a innova@ipn.mx.

Journal scope

Innovación Educativa is a Mexican scientific journal; blind peer-reviewed, it is indexed and published every four months, presenting new scientific articles in Spanish and English. The journal focuses on new interdisciplinary approaches to educational research in higher education, bringing together the methodologies of the humanities, sciences and behavioral sciences. *Innovación Educativa* is a journal regulated by the ethics of scientific publications expressed by the Committee of Publication Ethics, COPE, and participates in the initiative for non-commercial open access, and thus does not charge any fees or embargo for its contents. It is published by the Editorial Coordination of the Office of Academic Affairs of the Instituto Politécnico Nacional, Mexico. The journal sustains a rigorous blind peer review process that enables equal opportunities for the international scientific community, guided by a policy of gender equality, and openly rejects practices of discrimination based on race, gender or geographical region.

Guidelines for presenting original works

In its third era, the journal receives contributions in Spanish and English throughout the year for the section *Innovus. Educational Innovation* includes a thematic section in each issue called Aleph; there is an open call for articles for this section three times a year. The papers published in both sections are subject to a blind peer review process and analyzed with software to detect plagiarism, so authors should ensure that the originality, composition, references and quotes adhere to the journal guidelines. Originality, intelligent argumentation and rigor are expected from the contributions.

Educational Innovation only receives previously unpublished scientific papers and does not accept journalistic work. In order to facilitate the editorial administration of their texts, authors must comply with the following regulations of structure, style and presentation.

Types of collaboration

Research. The papers in this category must take into account criteria such as relevant research design, theoretical and methodological congruence, rigor in the handling of information and methods, accuracy in discoveries or results, discussion of results, conclusions, limitations of the study, and future possibilities when applicable. Texts must be between 15 and 25 pages long, including

graphs, notes and references. Pages must be numbered, with 1.5 line spacing. These contributions will be sent to the sections *Aleph* and *Innovus*.

Educational interventions. These papers must include a theoretical-methodological foundation focused on presenting educational innovations. These papers should be between 15 and 25 pages long, including graphs, notes and references. Pages must be numbered, with 1.5 line spacing. These contributions will be sent to the section *Aleph* and *Innovus*

Submission requirements

- ▶ Manuscripts must be on a letter-sized paper, in 12-point Times New Roman font, in a single column, with correct use of capital and lower-case letters.
- ▶ The title must be bilingual (Spanish and English) and must not exceed fifteen words.
- ▶ All contributions must include a 150-word abstract in Spanish, with five or six keywords that are included in the vocabulary database of the IRESIE, as well as a translation of the abstract and keywords in English. The vocabulary database can be consulted at www.iisue.unam.mx.
- ▶ All manuscripts must include conclusions.
- ▶ Graphic elements (charts, graphs, diagrams, drawings, tables, photographs) must be numbered in the order in which they appear, with correct placement in the text, with captions and credits to the original source. They should not be inserted as images into the body text. Photographs must have a minimum resolution of 300 dpi, and a width of 140 mm.
- ▶ Footnotes should be avoided, unless absolutely necessary to clarify something that cannot be inserted into the body text. All bibliographical references (textual quotations, ideas, or paraphrases) should be added as endnotes in accordance with the American Psychological Association (APA) guidelines, respecting the correct font usage (roman and italic). If your article is in Spanish all terms should be in this language. Otherwise, all should be in English. All articles from digital journals should include the correspondent doi [Digital Object Identifier]. Texts from modifiable Web pages must include the retrieval date. The format can be seen in the following examples:
 - Book
 - Skinner, B. F. (1971). *Beyond freedom and dignity*. New York, NY: Knopf.

- Kalish, D., and Montague, R. (1964). *Logic: Techniques of formal reasoning*. New York, NY: Oxford University Press.
- Book chapter
 - Helwig, C. C. (1995). Social context in social cognition: Psychological harm and civil liberties. En M. Killen y D. Hart (Eds.), *Morality in everyday life: Developmental perspectives* (pp. 166-200). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Journal article
 - Geach, P. T. (1979). On teaching logic. *Philosophy*, 54(207), 5-17.
- Digital journal article
 - Williams, J., Mark G., y Kabat-Zinn, J. (2011) Mindfulness: Diverse perspectives on its meaning, origins, and multiple applications at the intersection of science and dharma. *Contemporary Buddhism* 12(1), 1-18. doi: 10.1080/14639947.2011.564811
- Electronic sources
 - Bakó, M. (2002). Why we need to teach logic and how can we teach it? *International Journal for Mathematics Teaching and Learning*, (October, ISSN 1473-0111.). Available at: <http://www.cimt.plymouth.ac.uk/journal/bakom.pdf>
 - Ceragem. (n. d.). Support FAQ. Retrieved on July 27, 2014 from: <http://basic.ceragem.com/customer/customer04.asp>

Submission of originals

From the journal's website, the author must download, fill out and attach the submission format with the following information:

- ▶ Request for paper evaluation. The declaration of individual or collective authorship (in case of works by more than one author); each author or coauthor must certify that he or she has contributed directly to the intellectual creation of the work and agrees to a blind peer review and to publication, when applicable. The declaration that the original that is being submitted is unpublished and it not in the process of evaluation by any other publication. Information: name, academic degree, institution, address, telephone number, e-mail.
- ▶ Brief C.V. of the author, on a separate page.
- ▶ The paper and requested documents should be sent to the following e-mail: coord.educativa.ie@gmail.com, with a copy to innova@ipn.mx.



INNOVACIÓN
EDUCATIVA



www.innovacion.ipn.mx