



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Científica

Numero 32(2)

Mayo-Agosto de 2018

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ciencias y Educación

ISSN 0124-2253

e-ISSN 2344-2350

Rector

Dr. Ricardo García Duarte

Vicerrector académico

Dr. William Fernando Castrillón Cardona

Director Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico

Dr. Nelson Libardo Forero Chacón



Centro de
**INVESTIGACIONES Y
DESARROLLO CIENTÍFICO**

EDITORA

Dra. Adriana Patricia Gallego Torres

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Tania Pérez Bustos
Universidad Nacional de Colombia (Colombia)

Dra. Johanna Camacho González
Universidad de Chile (Chile)

Dr. Rubén González Crespo
Universidad Pontificia de Salamanca (España)

Dr. Luis Fernando Martínez Arcade
Ecole nationale d'Ingénieurs de Tarbes (Francia)

Mg. Edwin Millán Rojas
Universidad de la Amazonia (Colombia)

Dr. Jaime Duvan Reyes Roncancio
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia)

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Agustín Aduriz Bravo
Universidad Autónoma de Buenos Aires (Argentina)

Dr. Charbel Nino El Hani
Universidade Federal da Bahia (Brasil)

Dra. Amparo Vílchez
Universidad de Valencia (España)

Dr. Mario Quintanilla Gatica
Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)

Graciela Utges
Universidad de Rosario (Argentina)

Dr. Marco Antonio Moreira
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Brasil)

COMITÉ TÉCNICO

Ingri Gisela Camacho Triana
Gestor Editorial

David Mauricio Valero Gonzalez
Diagramación y Fotografía portada

Fabián Gullavan
Corrector de Estilo

Xpress Estudio gráfico y digital
Impresión

NATURALEZA REVISTA CIENTÍFICA

Periodicidad

La Revista Científica tiene una periodicidad cuatrimestral, los números circulan los meses de enero, mayo y septiembre.

Misión y naturaleza

La Revista Científica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, es auspiciada por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico, la revista es acceso abierto completo. La misión es difundir artículos originales, de alta calidad técnica y científica producidos por miembros de la comunidad académica en el **AREA DE LAS CIENCIAS NATURALES** (física, química, biología, matemáticas, ciencias de la computación, ciencias ambientales y educación científica).

Indexación

La Revista Científica esta indexada en **PUBLINDEX CATEGORIA C** (Sistema Nacional de Indexación de Revistas Científicas Colombianas), en Latindex (Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina), REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico), Actualidad Iberoamericana, DOAJ y Academic Journal Database, Periodica, Clase, Google Scholar, Sherpa/Romeo, Fuente Academica Premier Plus (EBSCO), Dulcinea, ERIH PLUS (The European Reference Index for the Humanities and the Social Sciences), Journal TOCS, Dialnet, MIAR, BASE, NEBIS (recherche Zürich), CIRC CC3METRICS, State Library, worldcat. MASTER JOURNAL LIST (THOMSON REUTERS), EMERGING SOURCES CITATION INDEX, Open Academic Journals Index (OAJI)

Dirección postal

Carrera 7 # 40-53, piso 3, Bogotá, Colombia

Correo electrónico:

revcientifica-cidc@correo.udistrital.edu.co

Página web:

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

CONTENIDO

EDITORIAL

- Las representaciones sociales, un concepto a tener en cuenta 128
Adriana Patricia Gallego-Torres

CIENCIA E INGENIERÍA

- Caracterización eléctrica del sistema Co_3O_4 + PVOH mediante el uso de la técnica de espectroscopia de impedancia compleja (IS) en altas temperaturas 129-134
Electrical characterization of Co_3O_4 + PVOH system using the complex impedance spectroscopy (IS) technique at high temperatures
Wilmer de Jesus Saldarriaga Agudelo, Melisa Buendía, Victor Hugo Zapata Sanchez
- Revisión de la historia y aplicación de escuaramida en organocatálisis 135-146
Review of the history and application of squaramide in organocatalysis
Nancy Romero-Ceronio
- Causales de deserción en equipos de investigación formativa 147-156
Causes of dropout in research formative teams
Marcela Georgina Gómez-Zermeño, Raúl Emiro Toscano Miranda
- Evaluación del densificado de la madera de *Gyrocarpus americanus* Jacq. en su densidad y módulo de elasticidad 157-168
Evaluation of densification of *Gyrocarpus americanus* Jacq. in its density and modulus of elasticity
Javier-Ramón Sotomayor-Castellanos
- Estereotipos científicos: percepción del alumnado de un centro de adultos de Granada (España) 169-182
Science stereotypes: perception of the students of an adult center in Granada (Spain)
Cayetana Serna Rosell, José Miguel Vilchez González

EDUCACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

- The Society of Information and Communication in Education: Speeches Configuring the Teacher for Virtual Education: Subjective and Subjectivity 183-192
La sociedad de la información y la comunicación en la educación: discursos que configuran al docente para la educación virtual: sujeción y subjetividad
Claudia Rocio Benitez-Saza, Edier Bustos-Velazco, Edgar Arevalo-Gomez
- La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso 193-206
Modelling in Science Education: demarcation criteria and case study
Lourdes Aragón-Núñez, Natalia Jiménez-Tenorio, José María Oliva-Martínez, María del Mar Aragón-Méndez

RESEÑAS

- Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica 207-210
Teach and learn about the nature of science through the analysis of history controversies. Results and conclusions of a didactic research project
Adriana Patricia Gallego Torres



Las representaciones sociales, un concepto a tener en cuenta

El problema que ha preocupado desde hace décadas a los educadores se relaciona con la construcción del conocimiento. En este sentido, estamos convencidos de que uno de los principales obstáculos epistemológicos es el de las representaciones sociales, entendidas como los discursos científicos, filosóficos, políticos, religiosos, etc., que conforman el conocimiento cotidiano. Este incluye las concepciones, percepciones, creencias y actitudes socialmente compartidas que sirven a los estudiantes para respaldar sus modelos y sustentarlos.

Una representación social puede considerarse como la transposición de lo no familiar en familiar. Lo que nos lleva al pensamiento de *sentido común*, lleno de teorías implícitas y basadas fundamentalmente en lo perceptivo, en la información acerca de los descubrimientos, las nociones, las metodologías y los lenguajes de la ciencia.

Comprender las representaciones sociales en la ciencia y la tecnología significa aceptar que las personas poseen distintas perspectivas sobre un mismo objeto de estudio y que a partir de estas se desarrollan en simultáneo distintos tipos de conocimiento o, como lo han llamado algunos investigadores, *diferentes epistemológicas* que les permite acudir a sus representaciones en diferentes situaciones.

Las representaciones sociales pueden ser estudiadas desde tres campos de investigación: las concepciones, el campo de representación y las actitudes.

El primero concierne a la perspectiva inicial de las concepciones sobre el objeto de estudio. Esto no es otra cosa que los modelos que se elaboran sobre un determinado objeto de estudio o fenómeno.

El segundo campo de investigación se refiere al estudio de la de la influencia social y cultural. Se trata de aquellos fenómenos e interacciones cuyas representaciones tienen un arraigo y han estado presentes en los seres humanos durante mucho tiempo.

El tercer campo de investigación se concentra en la actitud frente al problema. Corresponde a los diferentes presupuestos ontológicos, epistemológicos y axiológicos.

Desde esta sucinta definición de las representaciones sociales, la Revista Científica quiere resaltar la importancia que tiene comprender que los ciudadanos tienen diferentes tipos de conocimientos, que operan con la coexistencia de diversos saberes que deben ser reconocidos a la hora de plantear modelos innovadores en la formación científica y tecnológica y en la comprensión pública de la ciencia y sus desarrollos.

Presentamos de esta forma el segundo número del año en curso, compuesto por investigaciones en el campo de las ciencias naturales.

PhD. Adriana Patricia Gallego Torres
Editora



Caracterización eléctrica del sistema Co_3O_4 + PVAL mediante el uso de la técnica de espectroscopia de impedancia compleja (IS) en altas temperaturas

Electrical characterization of Co_3O_4 + PVAL system using the complex impedance spectroscopy (IS) technique at high temperatures

Caracterização elétrica do sistema de Co_3O_4 + PVAL usando a técnica de espectroscopia de impedância complexa (IS) a altas temperaturas

Wilmer de Jesus Saldarriaga-Agudelo¹

Melisa Buendía²

Victor Hugo Zapata-Sánchez³

Recibido: agosto de 2018

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Saldarriaga-Agudelo, W. J., Buendía, M y Zapata-Sánchez, V, H. (2018). Caracterización eléctrica del sistema Co_3O_4 + PVAL mediante el uso de la técnica de espectroscopia de impedancia compleja (IS) en altas temperaturas. *Revista Científica*, 32(2), 129-134. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12420>

Resumen

Los resultados en espectroscopia de impedancia muestran valores altos en conductividad eléctrica (10^{-3} – 10^{-4} S/cm) en muestras de Co_3O_4 + PVAL con barridos en temperatura entre los 80 y 200 °C. Esto indica un fuerte enlace estructural entre los iones de $\text{Co}^{3+}\text{Co}^{2+}$ y su entorno con el sistema. Las energías de activación se encuentran para el ion cobalto de ~ 1.13 eV y se ajustan mediante el modelo Arrhenius. Los barridos en frecuencia muestran un comportamiento dinámico, que se refleja en los gráficos de la parte imaginaria del módulo eléctrico y la impedancia entre 42 Hz y 5 MHz, lo que permite el ajuste y análisis de datos a un circuito RC, con valores de capacitancia del orden de 1 nF. Los resultados de la conductancia con frecuencia exponen un comportamiento que obedece la ley universal de relajación

de Jonscher ($\sigma = \sigma_{dc} + \alpha \omega^n$) con valores obtenidos para el exponente n ($0,7 < n < 1$), y también los gráficos de la frecuencia pico de relajación ω_p vs. temperatura nos revela un proceso activado térmicamente con la misma energía de activación del ion.

Palabras clave: compositas, impedancia compleja, óxido de cobalto, polivinil alcohol, polímeros.

Abstract

Results in impedance spectroscopy show high values in electrical conductivity (10^{-3} – 10^{-4} S/cm) in Co_3O_4 + PVAL samples, with sweeps temperature between 80 and 200 °C, this indicate a strong structural bond between the ions of $\text{Co}^{3+}\text{Co}^{2+}$ and its surroundings with the system, finding activation energy ~ 1.13 eV for the cobalt ion, adjusting by means of the Arrhenius model. The frequency sweeps show a dynamic

¹. Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. wjsaldarriaga@unal.edu.co

². Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. mbuendiat@unal.edu.co

³. Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Escuela de Física, Grupo de Óxidos Avanzados, AA568, Medellín Colombia. vhzapatas@unal.edu.co

behavior reflected in the graphs of the imaginary part of the electrical module and the impedance between 42 Hz and 5 MHz, allowing the adjustment and data analysis of a RC circuit with order of capacitance values of 1 nF. The results of the conductance frequently show a behavior that obeys the universal law of relaxation of Jonscher ($\sigma = \sigma_{dc} + \alpha \omega^n$) with values obtained for the exponent n ($0,7 < n < 1$), also the graphs of the Peak relaxation frequency ω_p vs. Temperature shows a process thermally activated with the same energy of ion activation.

Keywords: composites, complex impedance, cobalt oxide, polyvinyl alcohol, polymers.

Resumo

Os resultados de espectroscopia de impedância mostram valores de condutividade eléctrica elevadas (10^3 - 10^{-4} S/cm) amostras Co_3O_4 + PVAL varre temperatura entre 80 e 200 °C, indicando uma forte ligação estrutural entre os iões Co^{3+} / Co^{2+} e seus arredores com encontrar as energias de activação para o sistema de iões de cobalto $\sim 1,13$ eV e ajustando utilizando o modelo de Arrhenius. varrimentos de frequência apresentam um comportamento dinâmico mostrados nos gráficos da parte imaginária do módulo eléctrico e a impedância entre 42 Hz e 5 MHz permitindo o ajuste e análise para um circuito RC com valores de capacitância da ordem de 1 nF. Resultados da condutância muitas vezes apresentam um comportamento que obedece à lei universal de relaxamento Jonscher ($\sigma = \sigma_{dc} + \alpha \omega^n$) com os valores obtidos para o expoente n ($0,7 < n < 1$), também os elementos gráficos frequência de pico relaxamento ω_p vs. Temperatura mostram um processo termicamente activada com a mesma energia de activação do ião.

Palavras-chaves: compositas; impedância complexa; óxido de cobalto; álcool polivinílico; polímeros.

Introducción

En los últimos años, se ha encontrado que los polímeros juegan un papel importante en diferentes laboratorios de investigación para el estudio de diversas propiedades (Tanwar, Gupta, Singh y Vijay, 2006). Muchos polímeros han servido como matriz en el desarrollo de estructuras compositas debido a su fácil

producción y procesamiento, buena adhesión con elementos de refuerzo, resistencia a ambientes corrosivos, peso ligero, y en algunos casos desempeño mecánico dúctil (Patsidis y Psarras, 2008). Los óxidos de metales de transición tales como Co_3O_4 , V_2O_5 , CuO , Fe_2O_3 , Mn_3O_4 y Cr_2O_3 (Ando *et al.*, 1995) han sido intensamente investigados desde algunas décadas atrás debido a sus ventajas de estabilidad térmica y química. Entre estos metales óxidos, el óxido de cobalto ($\text{Co}^{2+} [\text{Co}^{3+}]_2\text{O}_4$) es la fase más estable en el sistema Co-O, es un compuesto de valencia mixta con una estructura espinel normal con Co^{2+} y Co^{3+} colocados en los sitios tetrahédricos y octahédricos respectivamente. Los materiales que contienen Co_3O_4 son ampliamente usados como material de electrodo (Maruyama y Arai, 1996), catálisis heterogénea (Tan, Moro y Ozaski, 1970), sensores de estado sólido (Ando, Kobayashi, Iijima y Haruta, 1997), almacenamiento de energía (Hutchins, Wright y Grebenik, 1987) y materiales magnéticos (Apátiga y Castano, 2006; Makhoulouf, 2002). Por otro lado, el polivinil alcohol (PVAL) como matriz polimérica es de gran importancia en vista de su capacidad para formar películas, propiedades hidrofílicas, bajo costo y posible acoplamiento de transporte de carga con el movimiento de sus grupos hidroxilos (Lebrun *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2005). No solo pueden adsorber sino también puede complejarse con cationes metálicos existentes en la solución (Gülgün y Kriven, 1996; Gülgün, Nguyen y Kriven, 1999, Nguyen, Lee y Kriven, 1999). Por lo tanto, el PVAL ayuda a la incorporación homogénea de iones metálicos en sus redes estructurales poliméricas y previene su floculación/precipitación desde la solución.

Las compositas de polímeros y nanopartículas son de gran interés, ya que abren un camino para materiales versátiles de ingeniería que exhiben propiedades eléctricas, ópticas, mecánicas o propiedades magnéticas. Por lo tanto, son materiales potencialmente promisorios para dispositivos magnéticos, ópticos, eléctricos y sensores de gas.

En este trabajo realizamos medidas de impedancia compleja sobre una membrana polimérica formada por PVAL y un óxido de cobalto (Co_3O_4).

Metodología

Usamos PVAL (Aldrich) hidrolizado 98-99% con un peso molecular promedio de MW: 31 000-50 000; óxido de cobalto (Co_3O_4) y agua destilada. La cantidad apropiada de PVAL fue mezclada con agua desionizada a 353 K, después de 30 minutos se adicionó una solución acuosa formada por óxido de cobalto mezclada con agua desionizada. Esta solución se mezcló con la solución de PVAL y se agitó por 24 horas, después la mezcla se colocó en vasos de teflón, bajo una atmosfera seca. Por evaporación de solventes se dio paso a la formación de una película de membrana con una distribución homogénea de óxido de cobalto. Luego, preparamos una concentración, con relación en peso de 0.1 y obtuvimos una membrana de color negro, entre 0.1 y 0.3 mm de espesor, con muy buenas propiedades mecánicas.

La caracterización eléctrica de la muestra fue desarrollada por espectroscopia de impedancia (IS), usando una configuración de dos electrodos de oro, la superficie de contacto y la distancia entre electrodos que fue medida usando un micrómetro. No se realizaron correcciones por expansión térmica de la celda. Los datos de impedancia se registraron en la frecuencia desde los 42 HZ. hasta 5 MHz, usando un analizador de impedancia Hioki 3532-50 LCR HiTester con una señal ac de 4.8 voltios pico a pico. La temperatura se midió usando una termocupla tipo K colocada tan cerca cómo fue posible a la celda.

Resultados

La figura 1 representa los diagramas de impedancia compleja Z'' vs. Z' para diferentes temperaturas de la muestra PVAL + Co_3O_4 ($x = 0.1$). Los valores en la parte real de la impedancia se obtuvieron mediante un ajuste del corte del semicírculo con Z' , para obtener el valor de la resistencia dc del material en bloque atribuida al ion Co^{3+} , dado que el óxido de cobalto tiene un estado de oxidación mixto Co_3O_4 ($\text{Co}^{\text{II}}\text{Co}^{\text{III}}_2\text{O}_4$). Asumimos, usando

el software Zview, que el ion que más aporta a la movilidad es el Co^{3+} dado su menor tamaño comparado con el del ion Co^{2+} . Por lo que se puede observar la disminución del valor de la resistencia (Z') con el aumento en la temperatura encontrando semicírculos cada vez más pequeños.

Estos ajustes permitieron obtener un estimativo de los tiempos de relajación τ (RC , por ejemplo $\sim 36 \mu\text{s}$ a 150°C) para cada temperatura en el rango estimado de frecuencias. Los valores de capacitancia fueron calculados de acuerdo con el circuito R-CPE (Z_{CPE} : elemento de impedancia de fase constante). El Z_{CPE} puede escribirse como $Z_{\text{CPE}} = 1/T(i\omega)^p$, donde "T" (unidades [F. s^{p-1}]) y "p" representa parámetro exponencial del CPE y el exponente CPE ($0 \leq p \leq 1$), respectivamente.

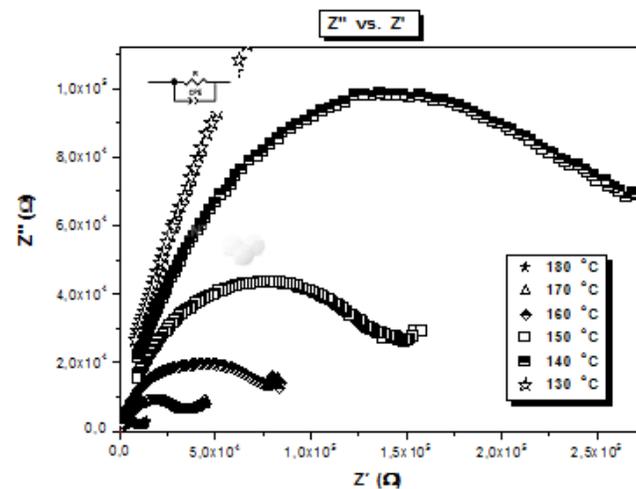


Figura 1. Impedancia compleja Z'' vs. Z' para diferentes temperaturas de la muestra PVOH + Co_3O_4 ($x = 0.1$).

Fuente: elaboración propia de los autores.

La figura 2 representa el comportamiento de la parte imaginaria de la impedancia (Z'') y del módulo eléctrico con la frecuencia para una temperatura de 150°C . De esto se puede observar un pico para la impedancia compleja Z'' , que indica un tiempo de relajación. De igual manera, se observa un comportamiento creciente del módulo eléctrico con la frecuencia indicando un efecto capacitivo (Hodge y West, 1975 y 1976; Jonscher, 1983, Macedo y Bose, 1972). Un comportamiento

similar se observó en el rango de temperaturas de 100 a 200 °C.

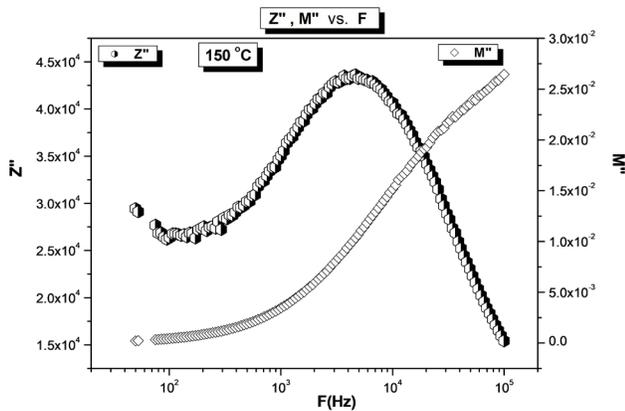


Figura 2. Impedancia (Z'') y módulo eléctrico vs. la frecuencia para una temperatura de 150 °C.

Fuente: elaboración propia de los autores.

La figura 3 representa el comportamiento de la conductancia como función de la frecuencia, en ella se puede observar el aumento de los valores de conductancia cuando aumenta la temperatura. Las gráficas de conductancia contra frecuencia muestran un comportamiento que obedece la ley universal de Jonscher ($G = G_{dc} + A\omega^n$), donde G_{dc} es la conductividad dc, "A" es un parámetro de ajuste y "n" es un factor exponencial ($0 < n < 1$), que está correlacionado con la energía límite en los estados cuánticos de vibración del ion Co^{3+} (Habasaki, León y Ngai, 2017; Ngai, 2011).

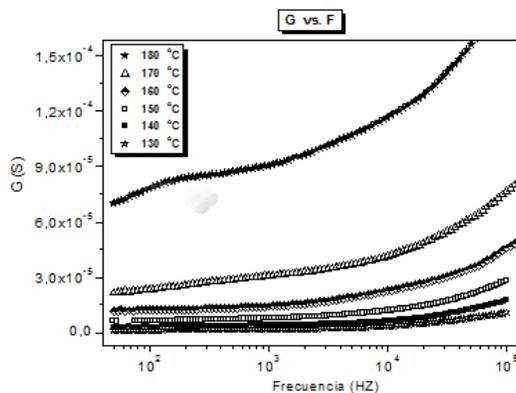


Figura 3. Dependencia de la conductancia con la frecuencia de la muestra PVOH + Co_3O_4 ($x=0.1$).

Fuente: elaboración propia de los autores.

La figura 4 representa el comportamiento lineal $\log \Delta G$ vs. $\log F$ donde $\Delta G = G - G_{dc}$, y del cual podríamos obtener los diversos valores de n a través de la pendiente en cada temperatura.

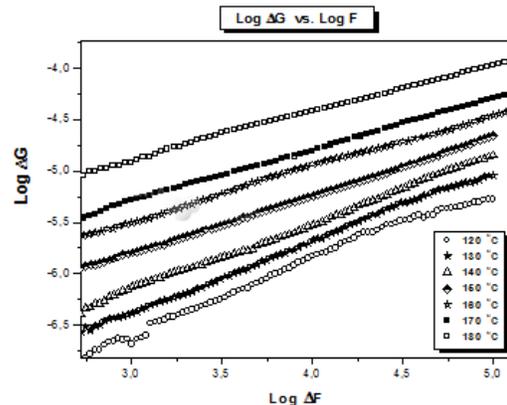


Figura 4. $\log \Delta G$ vs. $\log F$ de la muestra PVAL + Co_3O_4 ($x = 0.1$).

Fuente: elaboración propia de los autores.

A partir de los datos obtenidos de la pendiente de la gráfica de la figura 4, se obtuvo la siguiente tabla.

Tabla 1. Valores obtenidos de la pendiente de las gráficas $\log \Delta G$ vs. $\log F$.

Temperatura (°C)	n	Log A
120	0.76	-8.89
130	0.69	-8.46
140	0.65	-8.12
150	0.56	-7.49
160	0.51	-7.02
170	0.50	-6.78
180	0.46	-6.25
190	0.40	-5.65

La tabla 1 representa los valores de "n" calculados junto con los valores de A. Se observa claramente la dependencia de dichos parámetros con la temperatura. Dicha correlación con la temperatura había sido predicha por Jonscher (1983) y estimada detalladamente por Ngai (1979), llegando muy cerca a la relación de Hamon (1952).

La figura 5 representa el comportamiento de la parte real de la conductividad eléctrica con el inverso de la temperatura en Kelvin. En esta se puede

observar un ajuste lineal de acuerdo con el modelo Arrhenius el cual nos permite obtener la energía de activación del ion Co^{3+} aproximadamente 1.13 eV en un rango de temperaturas de 100 a 200 °C.

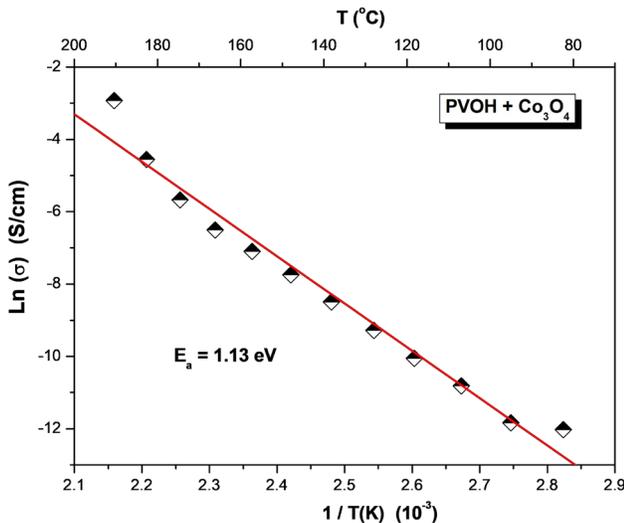


Figura 5. Ln σ Vs $1/T$.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Conclusiones

En la metodología experimental empleada se lograron obtener membranas homogéneas, lisas y con aparente dispersión particulada uniforme de PVAL + Co_3O_4 .

Los valores de conductividad eléctrica obtenidos en dichas membranas fueron del orden de 10^{-3} - 10^{-2} S/cm en altas temperaturas en el rango de temperaturas de 100 a 200 °C.

El valor obtenido para la energía de activación del ion Co^{3+} fue de 1.13 eV en un rango de temperaturas de 100–200 °C, algo esperado y típico en estos compuestos óxidos en altas temperaturas (1-2 eV). Se han encontrado valores del gap de energía de 1.44 eV en películas delgadas de polivinil alcohol dopadas con nanopartículas de Co_3O_4 preparadas por pirolisis por aspersión (Patil *et al.*, 1996). Este valor de la brecha de energía se le ha asignado al proceso de transferencia de carga $\text{Co}^{3+}(\pi t_2) \rightarrow \text{Co}^{2+}(\sigma^* t_2)$ (Miedzinska *et al.*, 1987). Este valor indica que la matriz polimérica tiene un

efecto menor sobre los niveles de energía de las nanopartículas de Co_3O_4 (Zhu *et al.*, 2012).

Referencias

- Ando, M., Kadono, K., Haruta, M., Sakaguchi, T. y Miya, M. (1995). Large third-order optical nonlinearities in transition-metal oxides. *Nature*, 374(6523), 625. DOI: <https://doi.org/10.1038/374625a0>
- Ando, M., Kobayashi, T., Iijima, S. y Haruta, M. (1997). Optical recognition of CO and H₂ by use of gas-sensitive Au–Co₃O₄ composite films. *Journal of Materials Chemistry*, 7(9), 1779-1783. DOI: <https://doi.org/10.1039/a700125h>
- Apátiga, L. M. y Castano, V. M. (2006). Magnetic behavior of cobalt oxide films prepared by pulsed liquid injection chemical vapor deposition from a metal-organic precursor. *Thin Solid Films*, 496(2), 576-579. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tsf.2005.08.344>
- Gülgün, M. A., Nguyen, M. H. y Kriven, W. M. (1999). Polymerized Organic-Inorganic Synthesis of Mixed Oxides. *Journal of the American ceramic society*, 82(3), 556-560. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1151-2916.1999.tb01800.x>
- Gülgün, M. A. y Kriven, W. M. (1996). *A simple solution-polymerization route for oxide powder synthesis*. Westerville, EE. UU.: American Ceramic Society.
- Habasaki, J., Leon, C. y Ngai, K. L. (2017). Dynamics of glassy, crystalline and liquid ionic conductors. *Top Appl Phys*, 132. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-42391-3>
- Hamon, B. V. (1952). An approximate method for deducing dielectric loss factor from direct-current measurements. *Proceedings of the IEE-Part IV: Institution Monographs*, 99(3), 151-155.
- Hodge, I. M., Ingram, M. D. y West, A. R. (1975). A new method for analysing the ac behaviour of polycrystalline solid electrolytes. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 58(2), 429-432. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(75\)80102-1](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(75)80102-1)

- Hodge, I. M., Ingram, M. D. y West, A. R. (1976). Impedance and modulus spectroscopy of polycrystalline solid electrolytes. *Journal of Electroanalytical Chemistry and Interfacial Electrochemistry*, 74(2), 125-143. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0022-0728\(76\)80229-X](https://doi.org/10.1016/S0022-0728(76)80229-X)
- Hutchins, M. G., Wright, P. J. y Grebenik, P. D. (1987). Comparison of different forms of black cobalt selective solar absorber surfaces. *Solar energy materials*, 16(1-3), 113-131. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-1633\(87\)90013-X](https://doi.org/10.1016/0165-1633(87)90013-X)
- Jonscher, A. K. (1983). *Dielectric relaxation in Solids*. Londres: Chelsea Dielectrics Press.
- Kim, D. S., Park, H. B., Rhim, J. W. y Lee, Y. M. (2005). Proton conductivity and methanol transport behavior of cross-linked PVA/PAA/silica hybrid membranes. *Solid State Ionics*, 176(1-2), 117-126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssi.2004.07.011>
- Lebrun, L., Da Silva, E. y Metayer, M. (2002). Elaboration of ion-exchange membranes with semi-interpenetrating polymer networks containing poly (vinyl alcohol) as polymer matrix. *Journal of applied polymer science*, 84(8), 1572-1580. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.10420>
- Macedo, P. B., Moynihan, C. T. y Bose, R. (1972). Dielectric modulus: experiment, application, and interpretation. *J Phy Chem Glasses*, 13, 171.
- Maruyama, T. y Arai, S. (1996). Electrochromic properties of cobalt oxide thin films prepared by chemical vapor deposition. *Journal of the Electrochemical Society*, 143(4), 1383-1386. DOI: <https://doi.org/10.1149/1.1836646>
- Makhlouf, S. A. (2002). Magnetic properties of Co_3O_4 nanoparticles. *Journal of magnetism and magnetic materials*, 246(1-2), 184-190. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0304-8853\(02\)00050-1](https://doi.org/10.1016/S0304-8853(02)00050-1)
- Miedzinska, K. M. E., Hollebhone, B. R. y Cook, J. G. (1987). An assignment of the optical absorption spectrum of mixed valence Co_3O_4 spinel films. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 48(7), 649-656. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-3697\(87\)90154-5](https://doi.org/10.1016/0022-3697(87)90154-5)
- Ngai, K. L. (1979). Universality of low-frequency fluctuation, dissipation and relaxation properties of condensed matter. *Comments Solid State Phys*, 9(4), 127-140.
- Ngai, K. L. (2011). *Relaxation and diffusion in complex systems*. Nudva York: Springer Science & Business Media. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7649-9>
- Nguyen, M. H., Lee, S. J. y Kriven, W. M. (1999). Synthesis of oxide powders by way of a polymeric steric entrapment precursor route. *Journal of materials research*, 14(8), 3417-3426. DOI: <https://doi.org/10.1557/JMR.1999.0462>
- Patil, P. S., Kadam, L. D. y Lokhande, C. D. (1996). Preparation and characterization of spray pyrolysed cobalt oxide thin films. *Thin Solid Films*, 272(1), 29-32. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-6090\(95\)06907-0](https://doi.org/10.1016/0040-6090(95)06907-0)
- Patsidis, A. y Psarras, G. C. (2008). Dielectric behaviour and functionality of polymer matrix-ceramic BaTiO_3 composites. *Currents*, 5, 10. DOI: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2008.85>
- Tan, S., Moro-Oka, Y. y Ozaki, A. (1970). Catalytic oxidation of olefin over oxide catalysts containing molybdenum: III. Oxidation of olefin to ketone over Co_3O_4 MoO_3 and SnO_2 MoO_3 catalysts. *Journal of Catalysis*, 17(2), 132-142. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9517\(70\)90086-2](https://doi.org/10.1016/0021-9517(70)90086-2)
- Tanwar, A., Gupta, K. K., Singh, P. J. y Vijay, Y. K. (2006). Dielectric parameters and ac conductivity of pure and doped poly (methyl methacrylate) films at microwave frequencies. *Bulletin of Materials Science*, 29(4), 397-401. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02704142>
- Zhu, X., Wang, J., Nguyen, D., Thomas, J., Norwood, R. A. y Peyghambarian, N. (2012). Linear and nonlinear optical properties of Co_3O_4 nanoparticle-doped polyvinyl-alcohol thin films. *Optical materials express*, 2(1), 103-110. DOI: <https://doi.org/10.1364/OME.2.000103>





Revisión de la historia y aplicación de escuaramida en organocatálisis

Review of the history and application of squaramide in organocatalysis

Revisão da história e aplicação de escuaramida em organocatálise

Eduardo Hipólito Hernández¹
Nancy Romero-Ceronio²
Cuauhtémoc Alvarado-Sánchez³
Carlos E. Lobato-García⁴
Miguel A. Vilchis-Reyes⁵
Luis F. Roa⁶

Recibido: agosto de 2018

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Hernández, E. H., Romero-Ceronio, N., Alvarado-Sánchez, C., Lobato-García, C. E., Vilchis-Reye, M. A., y Roa, L. F. (2018). Revisión de la historia y aplicación de escuaramida en organocatálisis. *Revista Científica*, 32(2), 135-146. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12554>

Resumen

La escuaramida y sus derivados representan un importante grupo de sustancias que actualmente se están aplicando exitosamente en estrategias de organocatálisis asimétrica. En esta contribución se presenta un resumen del estado del arte relativo a la síntesis de los derivados de escuaramida y su papel como inductores de quiralidad en secuencias sintéticas relevantes. Por ello, se establece un proceso de búsqueda sistemática y selección de reportes publicados en revistas especializadas del área, con la finalidad de presentar los aspectos más notables de síntesis y la aplicación de los derivados de escuaramida en esta sustancial área de la química orgánica.

Palabras clave: química orgánica, síntesis asimétrica, organocatalizadores, inducción quiral, derivados de escuaramida.

Abstract

Squaramide and its derivatives represent an important group of substances that are currently being successfully applied in asymmetric organocatalytic strategies, which is why this contribution presents a summary of the state of the art related to the synthesis of squaramide derivatives and their role as chirality inducers in relevant synthetic sequences. To this end, a process of systematic search and selection of reports published in specialized journals of the area was established in order to present the most significant aspects of synthesis and the application of squaramide derivatives in this key area of organic chemistry.

Keywords: organic chemistry, asymmetric synthesis, organocatalysts, chiral induction, squaramide derivatives.

1. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. q.e.hipolito@gmail.com
2. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. nancy.romero@ujat.mx
3. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. cuauhtemoc.alvarado@ujat.mx
4. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. carlos.lobato@ujat.mx
5. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. miguel.vilchis@ujat.mx
6. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México. Fernando.roa@ujat.mx

Resumo

O escuaramide e seus derivados representam um importante grupo de substâncias que atualmente estão sendo aplicadas com sucesso em estratégias de organocatálise assimétrica, razão pela qual essa contribuição apresenta um resumo do estado da arte relacionado à síntese de derivados de escuaramida e seu papel como indutores de quiralidade em sequências sintéticas relevantes. Para tanto, foi estabelecido um processo de busca sistemática e seleção de relatórios publicados em revistas especializadas da área, a fim de apresentar os aspectos mais pertinentes da síntese e a aplicação de derivados de escuaramida nesta notável área da química orgânica.

Palavras-chaves: química orgânica, síntese assimétrica, organocatalisadores, indução quiral, derivados de escuaramida.

Introducción

En este artículo de revisión se presenta una breve reseña de la historia de moléculas tipo escuaramida (estructura 1 de la figura 1), nombre sistemático es 3,4-diaminociclobut-3-en-1,2-diona, y su aplicación como organocatalizadores en síntesis asimétrica. Estas moléculas son derivados del ácido escuárico (estructura 2 de la figura 1). La síntesis del ácido escuárico fue reportada por primera vez por el grupo de investigación de Cohen (1959 citado por Thorpe, 1968).



Figura 1. Escuaramida (compuesto 1) y ácido escuárico (compuesto 2).

Fuente: elaboración propia de los autores.

En 1968 Thorpe reportó la síntesis de algunos escuaramidas y los espectros de RMN-1H de estas. Desde esa fecha hubo un vacío bibliográfico hasta 1992, con el trabajo de Frauenhoff y colaboradores, el cual informó del uso de este tipo de compuestos como ligantes en química de coordinación.

A lo largo de los años, han surgido numerosas aplicaciones y estudios teóricos, debido a las inusuales propiedades fisicoquímicas de estos derivados (Ian Storer, Aciro y Jones, 2011; Quiñonero, Frontera, Ballesteros y Deyà 2000). Además, en el año 2009, resurgió el interés por este tipo de moléculas en el área de la organocatálisis. Para el mes de noviembre de 2017 se encontraron 75 artículos con la palabra clave escuaramida, siendo China y España los principales países con reportes sobre este tema. (Scopus, 2017). En este artículo de revisión, primero se abordarán los aspectos relacionados con la síntesis de escuaramidas y, luego, en un segundo apartado, se tratará el papel de estos compuestos como organocatalizadores.

Síntesis de escuaramidas

El precursor de la escuaramida como lo conocemos hoy en día es el di-cetociclobuten- diol (3,4-dihydroxycyclobut-3-en-1,2-dione), también conocido como ácido escuárico, (estructura 2 de la figura 1). Este fue preparado por primera vez en 1959 por Cohen, Lacher y Park, mediante la hidrólisis del 3,3-dicloro-1,2,4,4-tetrafluorociclobut-1-eno. (Cohen, Lacher y Park, 1959)

La mayoría de los derivados de las escuaramidas son sintetizados a partir de la 3,4-dihydroxyciclobut-3-en-1,2-dione (Ian Storer *et al.*, 2011; Kumar *et al.*, 2012; Muthyala, Subramaniam y Toldaro, 2004). A continuación, se muestran algunos ejemplos de reacciones para acceder a las escuaramidas. En 1966, Cohen y colaboradores reportaron por primera vez la síntesis de la escuaramida con rendimientos de 75% y 87% sucesivamente a partir del escuarato de dimetilo (figura 2).

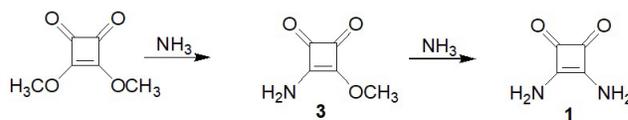


Figura 2. Síntesis de escuaramida a partir del escuarato de dimetilo.

Fuente: modificado de Cohen (1965).

Desde ese año no se había profundizado en las aplicaciones de la escuaramida como tal, ya que inicialmente el énfasis estuvo dirigido a la comprensión estructural y la dinámica molecular del anillo de cuatro miembros de los derivados del ácido escuárico (Cohen y Cohen, 1966) debido a la geometría molecular que presentan este tipo de compuestos.

Posteriormente en el año de 1976, Eggerding y West informaron sobre una serie de derivados de mono-tioescuaratos y los iones de 1,2-ditioescuaratos y sus correspondientes derivados. En uno de los pasos de síntesis se describió la reacción de los compuestos 7a y 7b (representados en la figura 3) con 1 equivalente de dimetilamina que provocó solamente el desplazamiento de los grupos etoxi, lo que proporcionó la serie de 3-dimetilamino-4-alkiltiociclobutenodionas (Eggerding y West, 1976) con un rendimiento de hasta un 70%.

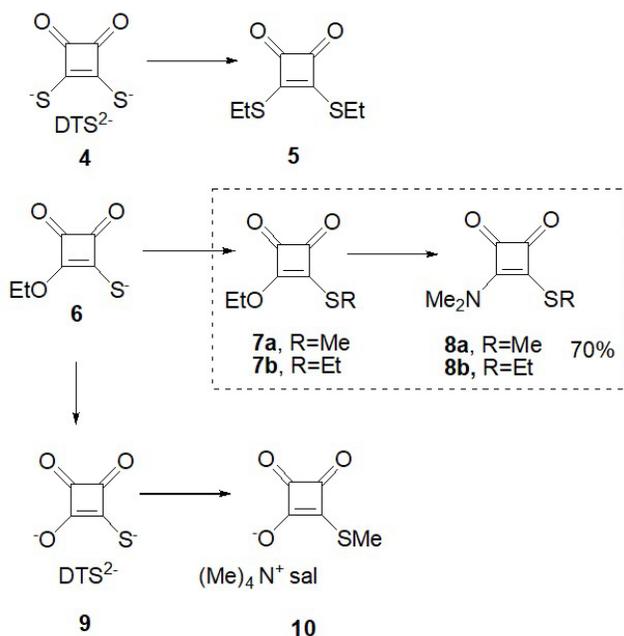


Figura 3. Síntesis de mono y tioescuaratos y derivados.

Fuente: modificado de Eggerding y West (1976).

La aplicabilidad de las escuaramidas no era tan relevante, puesto que, como se mencionó, tuvieron que pasar alrededor de 20 años para que se realizara un nuevo estudio de este tipo de estructuras. Ya en 1995, Morley, realizó estudios teóricos

sobre la estructura electrónica y propiedades no lineales de la escuaramida (Morley, 1995).

Al año siguiente, en 1996, Tomàs *et al* sintetizaron otra batería de derivados de escuaramida, esto con el fin de estudiar sus propiedades ácido-base y, así, poder corroborar información teórica acerca de su papel en la formación en enlaces por puentes de hidrógeno en la estabilización de complejos (figura 4). Con esto, se dio pauta a muchas aplicaciones con derivados de escuaramidas.

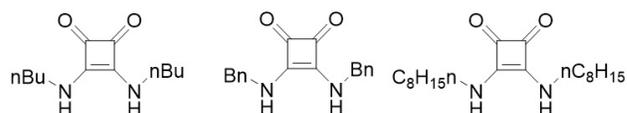


Figura 4. Derivados de escuaramida sintetizados.

Fuente: Tomàs *et al.* (1996).

Fue cinco años más tarde, en el 2001, que Prohens *et al* reportaron la síntesis de derivados de escuaramida con la finalidad de determinar sus parámetros termodinámicos (las estructuras se muestran en la figura 5). A partir de este estudio, los autores concluyeron que la capacidad para la formación de enlaces por puentes de hidrógeno puede modularse en las escuaramidas por la sustitución de grupos hidroxilo por grupos amino, además, que esta propiedad depende del tipo de solvente empleado.

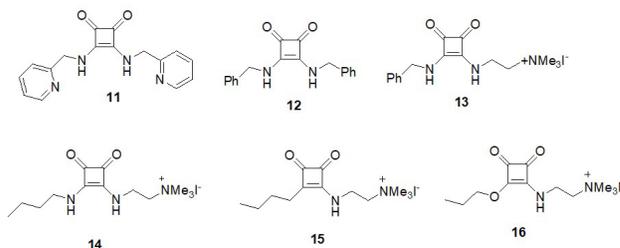


Figura 5. Batería de derivados de escuaramida.

Fuente: modificado de Prohens *et al.* (2001).

En el 2002, Liu, Lam, Fowler y Lauher trabajaron un derivado de escuaramida (figura 6), que prepararon fácilmente mezclando en proporciones estequiométricas escuarato de dietilo con 4-aminometilpiridina.

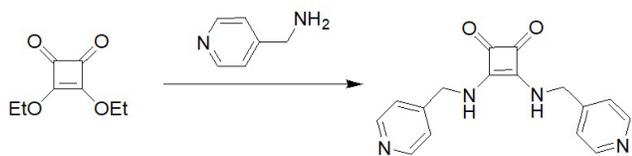


Figura 6. Síntesis de un derivado de escuaramida a partir de escuato de dietilo y 4-aminometilpiridina.

Fuente: modificado de Liu et al. (2002).

Estos autores encontraron que esta escuaramida tiene características muy peculiares, dado que se puede emplear una estrategia de co-cristalización para la ingeniería de cristalización. En esta, cada molécula posee una funcionalidad de enlace por puente de hidrógeno (figura 7) que conduce a la formación de una red con una distancia repetida.

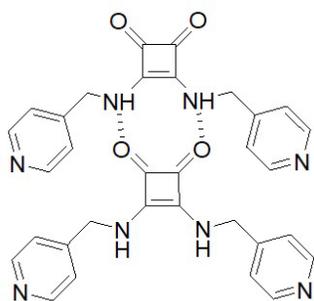


Figura 7. Interacciones por puente de hidrógeno que permite la formación de una red cristalina a partir del derivado de escuaramida.

Fuente: modificado de Liu et al. (2002).

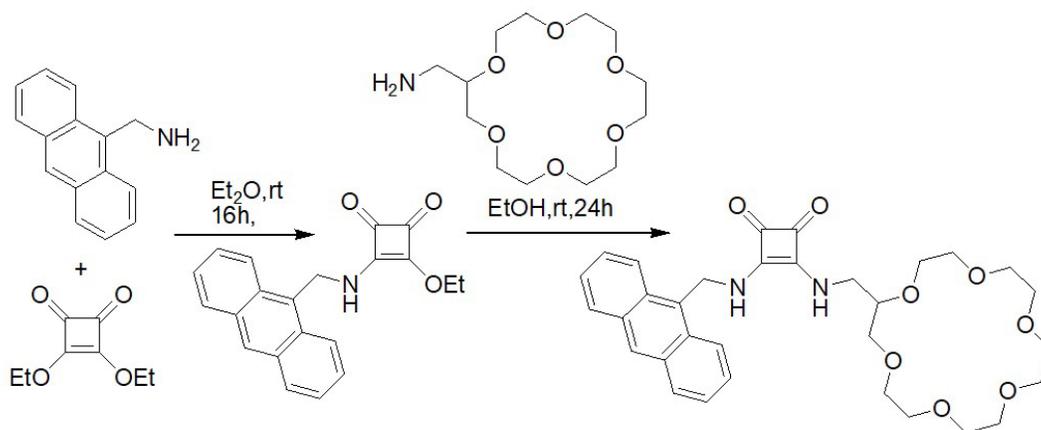


Figura 8. Síntesis de derivado de escuaramida que incluye en su estructura a un sistema de antraceno.

Fuente: modificado de Frontera *et al.* (2005).

En el 2005, Frontera y colaboradores reportaron una escuaramida para cuya síntesis se emplearon dos etapas. Como primera etapa realizaron la condensación de escuato de dietilo y 9-(aminometil) antraceno, esto dio como resultado el intermediario el éster de escuaramida. Seguido a ello, llevaron a cabo una condensación con 2-(aminometil)-8-corona-6 (figura 8) para llegar al compuesto deseado con un rendimiento del 52%.

Por otro lado, en el año 2008, Malerich, Hagihara, y Rawal reportaron un derivado de escuaramida bifuncionalizada con sustituyentes quirales (figura 9); ellos realizaron una reacción de sustitución doble para la obtención del catalizador.

Las escuaramidas como organocatalizadores

La síntesis asimétrica consiste en la transformación de un sustrato aquiral en un producto quiral, mediante la generación de uno o más centros estereogénicos con quiralidad definida. Esta área de la química orgánica está presente en los grupos de investigación de hoy en día como una consecuencia de la tragedia de la talidomida, medicamento que fue lanzado en la década de los sesenta para el tratamiento de los síntomas del embarazo, como ansiedad, insomnio y náuseas matutinas.

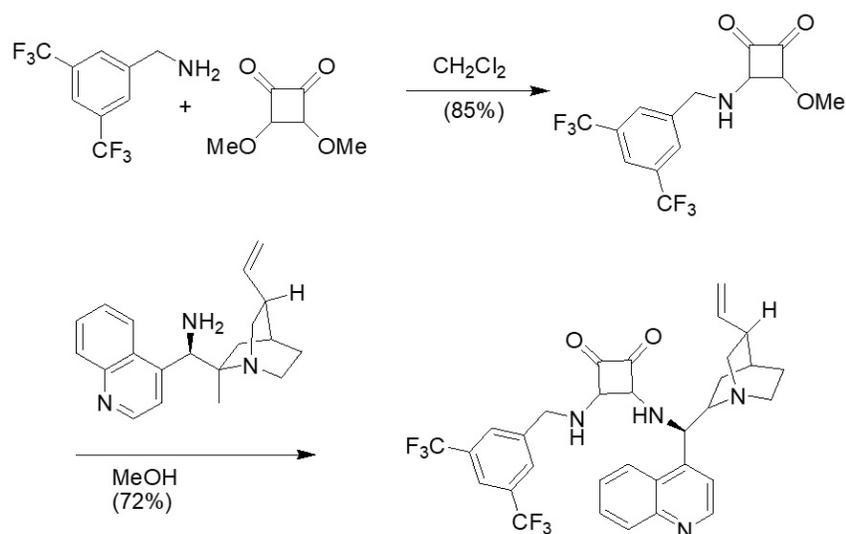


Figura 9. Proceso para la síntesis de derivado quiral de escuaramida.

Fuente: Malerich *et al.* (2008).

Desafortunadamente, este fue comercializado como una mezcla racémica, pero solo uno de los enantiómeros presentaba la actividad farmacológica deseada, mientras que el otro presentaba efectos teratogénicos. Esto desencadenó el nacimiento de gran número de niños con malformaciones por los efectos nocivos de esta sustancia. A raíz de ello, se enfatizó el desarrollo de procesos de síntesis y separación que llevaran a la obtención de compuestos enantioméricamente puros (Nguyen He y Pham-Huy, 2006).

Actualmente, existen diversas estrategias de síntesis que llevan a la obtención de compuestos ópticamente puros. Con este fin, en los últimos años, la organocatálisis asimétrica se ha ido posicionando cada vez más como una alternativa viable. Esto ha provocado que, en la actualidad, las escuaramidas estén siendo reconocidas como agentes potenciales para inducir quiralidad en una reacción química, y por poseer dentro de su estructura (figura 10) tanto sitios donadores como receptores para la formación de enlaces por puentes de hidrógeno (Alemán, Parra, Jiang, y Jørgensen, 2011; Guo y Wong, 2017; Quiñoneiro *et al.*, 2000).

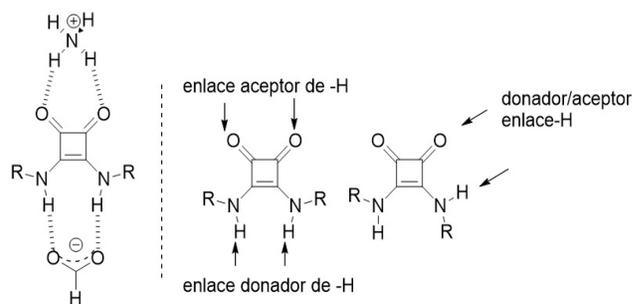


Figura 10. Dualidad en la unión bidimensional e hidrogénica de las escuaramidas.

Fuente: Alemán *et al.* (2011).

De esta manera, las escuaramidas se comparan en su comportamiento químico con las amidas, ureas y tioureas ya que en todas ellas se encuentran al mismo tiempo sitios moleculares con carácter donador y aceptor de enlaces por puentes de hidrógeno. (Alemán *et al.*, 2011; Quiñoneiro *et al.*, 2000). Es decir, son capaces de formar cuatro enlaces por puentes de hidrógeno (Ian Storer *et al.*, 2011). Este gran conjunto de catalizadores asimétricos que se caracterizan por la posibilidad de generar puentes de hidrógeno para estabilizar intermediarios de reacción han sido objeto de numerosas aplicaciones, que han crecido de forma

explosiva en la última década (Malerich *et al*, 2008). Aunque en el año de 1977, Wynberg y colaboradores presentaron un aporte importante en el campo de la organocatálisis, vía la formación de enlaces por puentes de hidrógeno (Guo y Wong, 2017; Helder, Arends, Bolt, Hiemstra y Wynberg, 1977).

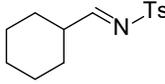
Un aspecto a considerar en el diseño de nuevos organocatalizadores es el tipo de interacción entre éste y el sustrato, porque la activación mediante puentes de hidrógeno ha despertado el interés de diversos grupos de investigación. Se ha postulado que el papel de este tipo de catalizadores es mediante la activación no covalente que promueven los sitios del catalizador que se comportan como bases de Brønsted al funcionar como aceptoras de protones en interacciones del tipo del puente de hidrógeno. De manera particular, los organocatalizadores del tipo escuaramida presentan claramente estos tipos de interacciones (Alemán y Cabrera, 2013; Alemán *et al*, 2011).

En la década pasada, ureas, tioureas, dioles y ácidos fosfóricos quirales dominaban el campo de la inducción mediante la formación de puentes de hidrógeno, (Qian *et al*, 2010). Sin embargo, hoy en día una serie de catalizadores a base de escuaramida se han desarrollado y aplicado con éxito en varias reacciones asimétricas (Malerich *et al*, 2008; Qian *et al*, 2010; Yang y Du, 2010) como: la reacción de Friedel-Crafts (Qian *et al*, 2010); la α -aminación de compuestos 1.3-dicarbonílicos

con nitroalquenos (Konishi, Lam, Malerich y Rawal, 2010) y la adición de Michael enantioselectiva (Malerich *et al*, 2008; Xu *et al*, 2010; Zhu *et al*, 2010).

En 2010, Qian y colaboradores demostraron que las escuaramidas quirales son catalizadores altamente eficaces para la reacción enantioselectiva de Friedel-Crafts de indoles con iminas, Qian reportó excelentes rendimientos (75-96%) y buenos excesos enantioméricos (81-96%).

Tabla 1. Reacción de Friedel-Crafts enantioselectiva de indoles con N-tosiliminas catalizada por escuaramida.

R ₁	R ₂	R ₃	t/h	Rend. (%) ^b	ee ^c		
4-Cl	4-Me	H	24	94	95.5		
2-Cl	4-Me	H	18	91	94		
4-Br	4-Me	H	72	92	96		
2-Br	4-Me	H	48	92	93		
4-F	4-Me	H	72	90	92		
4-H	4-Me	H	72	88	95		
4-Me	4-Me	H	26	86	91		
4-OMe	4-Me	H	48	89	93		
4-isopropil	4-Me	H	72	87	94		
4-H	4-Me	5-Me	72	92	91		
4-H	4-Me	5-OMe	72	96	93		
4-H	4-Cl	H	36	85	84		
4-H	2-Me	H	72	88	90		
			2-Me	H	92	75	81

^a Condiciones de reacción: 2.5% moles de catalizador, 4 equiv. de imina, 1 M indol en THF a 50°C. ^b Rendimiento aislado. ^c Determinado por análisis de HPLC quiral

Fuente: Qian *et al*. (2010).

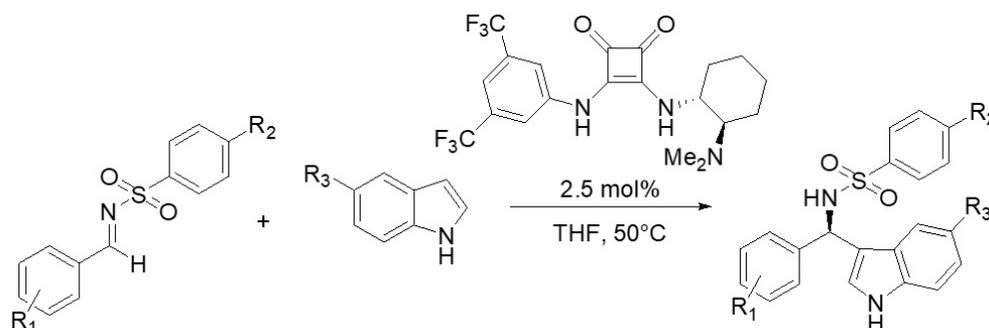


Figura 11. Reacción enantioselectiva de Friedel-Crafts de indoles con iminas.

Fuente: modificado de Qian *et al*. (2010).

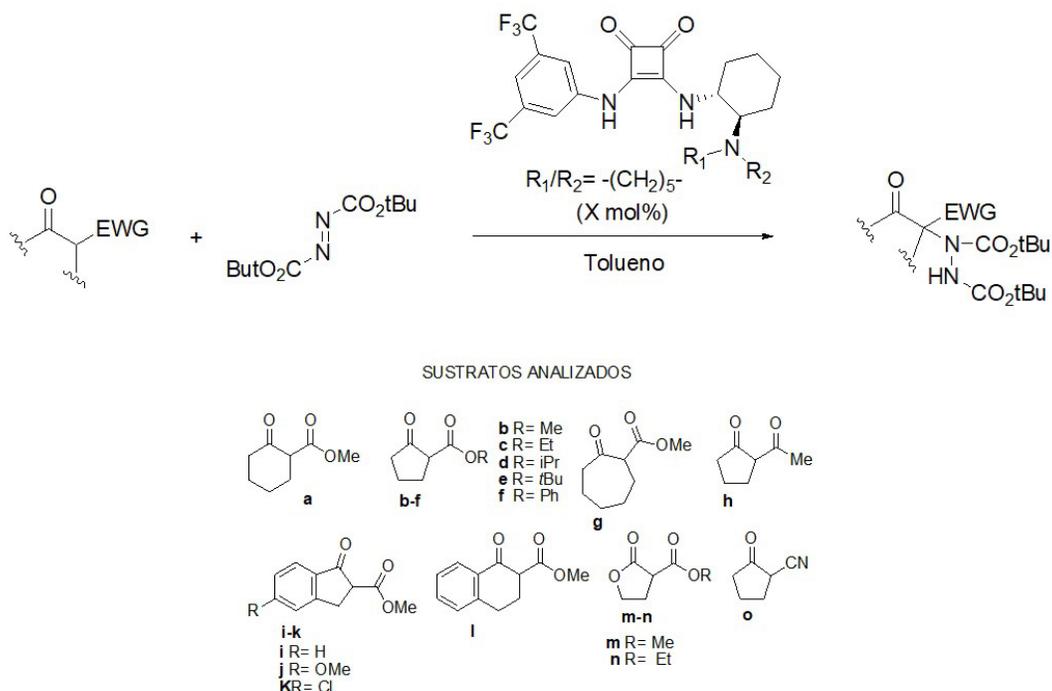


Figura 12. α -aminación enantioselectiva de compuestos 1,3-dicarbonílicos.

Fuente: modificado de Konishi et al. (2010).

La adición de Michael asimétrica se ha convertido en una potente y eficiente herramienta para la formación de enlaces C-C en síntesis orgánica. En 2012, Kasaplar, Riente, Hartmann y Pericàs llevaron a cabo la reacción asimétrica de adición de Michael de compuestos 1,3-dicarbonílicos a β -nitroestirenos con buenos rendimientos y excelentes enantioselectividades. Utilizaron una escuaramida quiral inmovilizada covalentemente en una resina de poliestireno (tipo Merrifield), esto se muestra la estructura del catalizador en la figura 13, con el que reportaron mejores excesos enantioméricos.

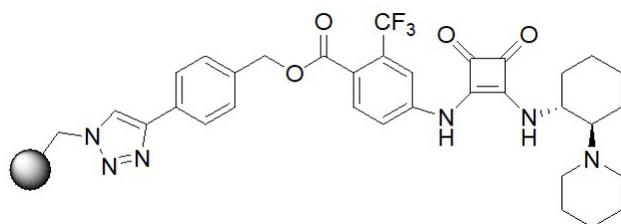


Figura 13. Catalizador derivado de escuaramida soportada en resina tipo Merrifield.

Fuente: modificado de Kasaplar et al. (2012).

Posteriormente, los autores realizaron la evaluación del alcance de la reacción con β -nitroestirenos diversamente sustituidos, y llevaron a cabo la reacción a temperatura ambiente (figura 13). Los resultados obtenidos con los compuestos probados se resumen en la tabla 2 (Kasaplar *et al*, 2012).

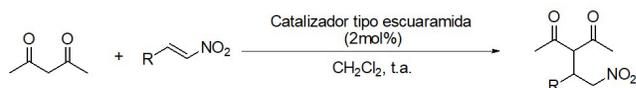


Figura 13. Adición de Michael asimétrica.

Fuente: modificado de Kasaplar et al. (2012).

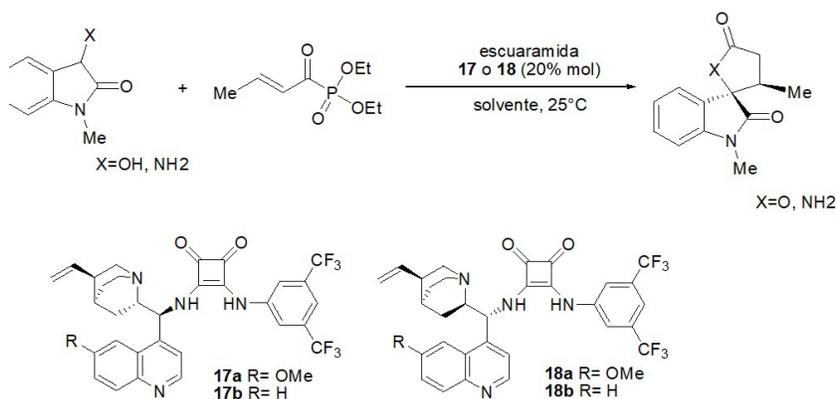
En 2015, Chen *et al* desarrollaron una reacción altamente enantioselectiva de Michael en cascada con un proceso de ciclación empleando 3-hidroxiindoles/3-aminoxindoles con α,β -fosfonatos de acilo insaturados catalizada por derivados de escuaramida (la figura 14) Desarrollaron una amplia gama de compuestos espirocíclicos con rendimientos, que van de moderados a excelentes y de buenos a excelentes diastereo- y enantioselectividad (tabla 3).

Tabla 2. Resultados de la adición de sistemas dicarbonílicos a nitroestirenos empleando el catalizador de escuaramida soportado en resina tipo Merrifield.

R	t/h	Rend. (%) ^b	ee ^c
C ₆ H ₅	8	88	95
4-MeC ₆ H ₄	13	87	94
4-OMeC ₆ H ₄	24	81	92
2-OMeC ₆ H ₄	13	91	93
4-BrC ₆ H ₄	13	87	92
2-BrC ₆ H ₄	24	85	87
2,4-diBrC ₆ H ₃	13	91	93
Furano	13	91	94

^aCondiciones de reacción: 0.4 mmol de 2,4-pentadiona, 0.2 mmol de nitroestireno sustituido, 2 mol% de catalizador en 0.6 ml de CH₂Cl₂. ^bRendimiento aislado. ^cEl ee se determinó por HPLC quiral.

Fuente: modificado de Kasaplar et al. (2012).

**Figura 14.** Ciclación de 3-hidroxiindoles y 3-aminoindoles con α,β -fosfonatos de acilo insaturados catalizada por derivados de escuaramida.

Fuente: modificado de Chen et al. (2015).

Tabla 3. Condiciones de optimización para la obtención de espirocompuestos a partir de 3-hidroxiindoles/3-aminoindoles con α,β -fosfonatos.

Cat.	Solvente	t/h	Rend. (%) ^b	dr ^c	ee (%) ^c
17 ^a	DCM	9	53	>99:1	92 ^d
17b	DCM	9	46	99:1	93 ^d
18 ^a	DCM	9	39	>99:1	94
18b	DCM	9	51	>99:1	94
18b	CHCl ₃	9	53	97:3	94
18b	DCE	9	55	>99:1	93
18b	Tolueno	6	38	94:6	85
18b	C ₆ H ₅ Cl	6	43	95:5	87
18b	THF	3	54	>99:1	94
18b	Et ₂ O	3	41	97:3	92
18b	CH ₃ CN	3	70	>99:1	94
18b	CH ₃ CN	27	81	99:1	94
18b	CH ₃ CN	27	96	99:1	94

^aCondiciones de reacción: hidroxindoles/3-aminoindoles (0.1mmol), α,β -fosfonato (0.1 mmol) y 20% mol de catalizador (a-d) en 2.0 ml de disolvente. ^bRendimiento aislado. ^cDeterminado por HPLC quiral. ^dConfiguración Contraria.

Fuente: Chen et al. (2015).

De igual modo, se ha estudiado el potencial biológico de este tipo de derivados. En 2016, se reportó que tienen propiedades biológicas como antiespasmódicos e inhibidores de micobacterias (Ribeiro et al., 2016; Tantry et al., 2017), también que poseen propiedades antiinflamatorias (Busch-Petersen, 2006). En el año 2014, Olmo y colaboradores sintetizaron un derivado de escuaramida (figura 15), con resultados promisorios para el tratamiento de la enfermedad de Chagas (Olmo et al., 2014).

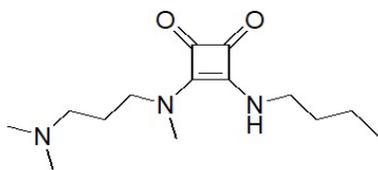


Figura 15. Derivado de escuaramida con potencial para el tratamiento de la enfermedad de Chagas.

Fuente: modificado de Olmo et al. (2014).

En el 2016, Rudd y colaboradores reportaron la síntesis de derivados del éster de escuaramida, que puede utilizarse para reacciones de bioconjugación eficaces para anticuerpos y proteínas (Rudd et al, 2016).

Conclusiones

Inicialmente, las escuaramidas fueron objeto de atención dada sus propiedades estructurales, tal como la rigidez del sistema cíclico, la relativa facilidad de interconversión en su funcionalización y las posibilidades de contar con sitios tanto aceptores como donadores en interacciones del tipo de los puentes de hidrógeno. Posteriormente, se añadieron a esta comprensión básica de un sistema estructuralmente interesante estrategias de aplicación enfocadas al uso de las escuaramidas como agentes de inducción de la quiralidad en secuencias de síntesis asimétrica, en las que se emplea como organocatalizadores quirales. Este es un ejemplo claro de cómo la contribución de un conocimiento básico sobre la estructura molecular

permite el desarrollo de aplicaciones exitosas, en campos estratégicos de la ciencia. En la actualidad, se reconoce a la organocatálisis como un campo de acción de vanguardia en la síntesis asimétrica y, dentro de este campo, las escuaramidas han mostrado su eficiencia al aplicarse en nuevas reacciones enantioselectivas. Asimismo, al considerar su papel en la activación de electrófilos por la formación de enlaces tipo puente de hidrógeno.

Agradecimientos

Eduardo Hipólito Hernández agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca con número: 560217, asignada para estudios de Posgrado en programas educativos dentro del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).

Referencias

- Aleman, J. y Cabrera, S. (2013). Applications of asymmetric organocatalysis in medicinal chemistry. *Chem Soc Rev*, 42(2), 774-793. DOI: 10.1039/c2cs35380f
- Alemán, J., Parra, A., Jiang, H. y Jørgensen, K. A. (2011). Squaramides: Bridging from molecular recognition to bifunctional organocatalysis. *Chemistry-A European Journal*, 17(25), 6890-6899. DOI: 10.1002/chem.201003694
- Busch-Petersen, J. (2006). Small molecule antagonists of the CXCR2 and CXCR1 chemokine receptors as therapeutic agents for the treatment of inflammatory diseases. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 6(13), 1345-1352.
- Chauhan, P., Mahajan, S., Kaya, U., Hack, D. y Enders, D. (2015). Bifunctional amine-squaramides: Powerful hydrogen-bonding organocatalysts for asymmetric domino/cascade reactions. *Advanced Synthesis and Catalysis*, 357(2-3), 253-281. DOI: 10.1002/adsc.201401003
- Charton, J., Charruault, L., Deprez-Poulain, R. y Deprez, B. (2008). Alkylsquaramates as key intermediates for the rapid preparation of

- original drug-inspired compounds. *Combinatorial Chemistry and High Throughput Screening*, 11(4), 294-303. DOI: 10.2174/138620708784246013
- Chen, L., Wu, Z.-J., Zhang, M.-L., Yue, D.-F., Zhang, X.-M., Xu, X.-Y. y Yuan, W.-C. (2015). Organocatalytic asymmetric Michael/cyclization cascade reactions of 3-hydroxyoxindoles/3-aminooxindoles with α,β -unsaturated acyl phosphonates for the construction of spirocyclic oxindole- γ -lactones/lactams. *The Journal of Organic Chemistry*, 80(24), 12668-12675. DOI: 10.1021/acs.joc.5b02253
- Cohen, S., Lacher, J. R. y Park, D. (1959). Diketocyclobutenediol. *Journal of the American Chemical Society*, 81(13), 3480-3480. DOI: 10.1021/ja01522a083
- Cohen, S. y Cohen, S. G. (1966). Preparation and reactions of derivatives of squaric acid. alkoxy-, hydroxy- and aminocyclobutenediones. *Journal of the American Chemical Society*, 88(7), 1533-1536. DOI: 10.1021/ja00959a040
- Dai, L., Yang, H., Niu, J. y Chen, F. (2012). Enantioselective protonation in the sulfa-Michael addition using chiral squaramides as hydrogen-bonding organocatalysts. *Synlett*, 2, 314-316. DOI: 10.1055/s-0031-1290113
- Eggerding, D. y West, R. (1976). Synthesis of the monothiosquarate and 1,2-dithiosquarate ions and their derivatives. *The Journal of Organic Chemistry*, 41(24), 3904-3909. DOI: 10.1021/jo00886a027
- Frauenhoff, G. R., Takusagawa, F. y Busch, D. H. (1992). Transition metal complexes of the *cis*-dithiosquaramide ligand family. *Inorganic Chemistry*, 31, 4002-4007.
- Frontera, A., Orell, M., Garau, C., Quiñonero, D., Molins, E., Mata, I. y Morey, J. (2005). Preparation, solid-state characterization and computational study of a crown ether attached to a squaramide. *Org Lett*, 7(8), 1437-1440. DOI: 10.1021/ol0474608
- Guo, J. y Wong, M. W. (2017). Cinchona alkaloid-squaramide catalyzed sulfa-Michael addition reaction: mode of bifunctional activation and origin of stereoselection. *The Journal of Organic Chemistry*, 82(8), 4362-4368. DOI: 10.1021/acs.joc.7b00388
- Helder, R., Arends, R., Bolt, W., Hiemstra, H. y Wynberg, H. (1977). Alkaloid catalyzed asymmetric synthesis III: the addition of mercaptans to 2-cyclohexene-1-one; determination of enantiomeric excess using ^{13}C NMR. *Tetrahedron Letters*, 18(25), 2181-2182.
- Ian Storer, R., Aciro, C. y Jones, L. H. (2011). Squaramides: physical properties, synthesis and applications. *Chemical Society Reviews*, 40(5), 2330-2346. DOI: 10.1039/C0CS00200C
- Kasaplar, P., Riente, P., Hartmann, C. y Pericàs, M. A. (2012). A polystyrene-supported, highly recyclable squaramide organocatalyst for the enantioselective Michael addition of 1,3-dicarbonyl compounds to β -nitrostyrenes. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 354(16), 2905-2910. DOI: 10.1002/adsc.201200526
- Konishi, H., Lam, T. Y., Malerich, J. P. y Rawal, V. H. (2010). Enantioselective α -amination of 1,3-dicarbonyl compounds using squaramide derivatives as hydrogen bonding catalysts. *Organic Letters*, 12(9), 2028-2031. DOI: 10.1021/ol1005104
- Kumar, S. P., Gloria, P. M. C., Goncalves, L. M., Gut, J., Rosenthal, P. J., Moreira, R. y Santos, M. M. M. (2012). Squaric acid: a valuable scaffold for developing antimalarials? *Med-ChemComm*, 3(4), 489-493. DOI: 10.1039/C2MD20011B
- Liu, Y., Lam, A. H. W., Fowler, F. W. y Lauher, J. W. (2002). The squaramides. A new family of host molecules for crystal engineering. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*, 389(1), 39-46. DOI:10.1080/713738914
- Malerich, J. P., Hagihara, K., y Rawal, V. H. (2008). Chiral squaramide derivatives are excellent hydrogen bond donor catalysts. *Journal of the American Chemical Society*, 130(44), 14416-14417. DOI: 10.1021/ja805693p

- McCooney, S. H. y Connon, S. J. (2005). Urea- and thiourea-substituted cinchona alkaloid derivatives as highly efficient bifunctional organocatalysts for the asymmetric addition of malonate to nitroalkenes: inversion of configuration at C9 dramatically improves catalyst performance. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(39), 6367-6370. DOI: 10.1002/anie.200501721
- Morley, J. O. (1995). Theoretical studies on the electronic structure and nonlinear properties of dicyanomethylene substituted squaramides, croconamides and rhodizonamides. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 357(1), 49-57. DOI: 10.1016/0166-1280(95)04279-F
- Muthyala, R. S., Subramaniam, G. y Todaro, L. (2004). The use of squaric acid as a scaffold for cofacial phenyl rings. *Org. Lett.*, 6(25), 4663-4665. DOI: 10.1021/ol048139s
- Nguyen, L. A., He, H. y Pham-Huy, Ch. (2006). Chiral drugs: an overview. *Int. J. Biomed. Sci.*, 2(2), 85-100.
- Olmo, F., Rotger, C., Ramirez-Macias, I., Martinez, L., Marin, C., Carreras, L., Costa, A. (2014). Synthesis and biological evaluation of N,N'-squaramides with high *in vivo* efficacy and low toxicity: toward a low-cost drug against Chagas disease. *J. Med. Chem.*, 57(3), 987-999. DOI: 10.1021/jm4017015
- Prohens, R., Rotger, M. C., Piña, M. N., Deyà, P. M., Morey, J., Ballester, P. y Costa, A. (2001). Thermodynamic characterization of the squaramide-carboxylate interaction in squaramide receptors. *Tetrahedron Letters*, 42(29), 4933-4936.
- Qian, Y., Ma, G., Lv, A., Zhu, H.-L., Zhao, J. y Rawal, V. H. (2010). Squaramide-catalyzed enantioselective Friedel-Crafts reaction of indoles with imines. *Chemical Communications*, 46(17), 3004-3006. DOI: 10.1039/B922120D
- Quiñonero, D., Frontera, A., Ballester, P. y Deyà, P. M. (2000). A theoretical study of aromaticity in squaramide and oxocarbons. *Tetrahedron Letters*, 41(12), 2001-2005. DOI: 10.1016/S0040-4039(00)00084-8
- Ribeiro, C. J. A., Espadinha, M., Machado, M., Gut, J., Gonçalves, L. M., Rosenthal, P. J. y Santos, M. M. M. (2016). Novel squaramides with *in vitro* liver stage antiplasmodial activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24(8), 1786-1792. DOI: 10.1016/j.bmc.2016.03.005
- Rudd, S. E., Roselt, P., Cullinane, C., Hicks, R. J. y Donnelly, P. S. (2016). A desferrioxamine B squaramide ester for the incorporation of zirconium-89 into antibodies. *Chemical Communications*, 52(80), 11889-11892. DOI: 10.1039/C6CC05961A
- Tantry, S. J., Markad, S. D., Shinde, V., Bhat, J., Balakrishnan, G., Gupta, A. K. y Hameed, P. S. (2017). Discovery of imidazo[1.2-a]pyridine ethers and squaramides as selective and potent inhibitors of mycobacterial Adenosine Triphosphate (ATP) synthesis. *J. Med. Chem.*, 60(4), 1379-1399. DOI: 10.1021/acs.jmedchem.6b01358
- Tomàs, S., Prohens, R., Vega, M., Rotger, M. C., Deyà, P. M., Ballester, P. y Costa, A. (1996). Squaramido-based receptors: design, synthesis, and application to the recognition of tetraalkylammonium compounds. *The Journal of Organic Chemistry*, 61(26), 9394-9401. DOI: 10.1021/jo9614147
- Thorpe, J. E. (1968). ¹H Nuclear Magnetic Resonance spectra of some squaramides. *Journal of the Chemical Society B: Physical Organic*, 435-436.
- Rouf, A. y Tanyeli, C. (2016). Squaramide based organocatalysts in organic transformations. *Current Organic Chemistry*, 20(28), 2996-3013. DOI: 10.2174/1385272820666160805113749
- Scopus (2017). Análisis de resultados para el término "squaramide". Recuperado de <https://bit.ly/2jOrVDA>
- Sonsona, I.G., Marqués-López, E., Herrera, R.P. (2015). Enantioselective organocatalyzed synthesis of 2-amino-3-cyano-4H-chromene

- derivatives. *Symmetry*, 7(3), 1519-1535. DOI: 10.3390/sym7031519
- Sonsona, I. G., Marqués-López, E. y Herrera, R. P. (2016). The aminoindanol core as a key scaffold in bifunctional organocatalysts. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 12, 505-523. DOI: 10.3762/bjoc.12.50
- Storer, R. I., Aciro, C. y Jones, L. H. (2011). Squaramides: physical properties, synthesis and applications. *Chemical Society Reviews*, 40(5), 2330-2346.
- Vetica, F., De Figueiredo, R.M., Orsini, M., Tofani, D. y Gasperi, T. (2015). Recent advances in organocatalytic cascade reactions toward the formation of quaternary stereocenters. *Synthesis*, 47(15), 2139-2184. DOI: 10.1055/s-0034-1378742
- Wurm, F. R. y Klok, H. A. (2013). Be squared: expanding the horizon of squaric acid-mediated conjugations. *Chemical Society Reviews*, 42(21), 8220-8236. DOI: 10.1039/c3cs60153f
- Xu, D.-Q., Wang, Y.-F., Zhang, W., Luo, S.-P., Zhong, A.-G., Xia, A.-B. y Xu, Z.-Y. (2010). Chiral squaramides as highly enantioselective catalysts for Michael addition reactions of 4-hydroxycoumarins and 4-hydroxypyronone to β,γ -unsaturated α -keto esters. *Chemistry - A European Journal*, 16(14), 4177-4180. DOI: 10.1002/chem.201000094
- Yang, W. y Du, D.-M. (2010). Highly enantioselective Michael addition of nitroalkanes to chalcones using chiral squaramides as hydrogen bonding organocatalysts. *Organic Letters*, 12(23), 5450-5453. DOI: 10.1021/ol102294g
- Žabka, M. y Šebesta, R. (2015). Experimental and theoretical studies in hydrogen-bonding organocatalysis. *Molecules*, 20(9), 15500-15524. DOI: 10.3390/molecules200915500
- Zhang, J., Zhou, H.-B. y Xie, R.-G. (2002). *N*-substituted amides as chiral ligands for catalytic asymmetric reactions. *Current Organic Chemistry*, 6(10), 865-890. DOI: 10.2174/1385272023373806
- Zhao, B. L., Li, J. H. y Du, D. M. (2017). Squaramide-catalyzed asymmetric reactions. *Chemical Record*, 17(10), 994-1018. DOI: 10.1002/tcr.201600140
- Zhu, Y., Malerich, J. P. y Rawal, V. H. (2010). Squaramide-catalyzed enantioselective Michael addition of diphenyl phosphite to nitroalkenes. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(1), 153-156. DOI: 10.1002/anie.200904779





Causales de deserción en equipos de investigación formativa

Causes of dropout in research formative teams

Causals de deserció en els equips d'investigació formativa

Marcela Georgina Gómez-Zermeño¹

Raúl Emiro Toscano-Miranda²

Recibido: octubre de 2017

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Gómez-Zermeño, M. G. y Toscano-Miranda, R. E. (2018). Causales de deserción en equipos de investigación formativa. *Revista Científica*, 32(2), 147-156. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12554>

Resumen

En este artículo presenta un estudio sobre las dificultades que provocan la deserción de los estudiantes en los equipos de investigación formativa en educación superior. El método aplicado fue estudio de casos cualitativo; se utilizó para la recolección de datos las entrevistas, análisis de documentos, la observación y las notas de campo. Dentro de los hallazgos de la investigación se encontró que: la deserción o desintegración de un equipo de investigación desencadena serios problemas en la investigación formativa; los estudiantes tienen dificultades de investigación para, por ejemplo, la búsqueda de información; en el trabajo en equipo, por ejemplo, presentan problemas de convivencia.

Palabras clave: deserción escolar, gestión del conocimiento, investigación.

Abstract

In this article, the results on the difficulties that cause dropout of student's informative research teams in higher education are presented. The method chosen was qualitative research with a case study, using data collection techniques interviews, document analysis,

observation and field notes. Among the findings of the investigation, it was found that: the desertion (disintegration) of a research team triggers serious problems in the studies, students have difficulty research, for example in the search for information, in teamwork, and for example, they have problems of coexistence.

Keywords: dropping out, research, knowledge management.

Resumo

Neste artigo, são apresentados os resultados sobre as dificuldades que causam o abandono das equipes de pesquisa informativa dos alunos no ensino superior. O método escolhido foi a pesquisa qualitativa com estudo de caso, utilizando técnicas de coleta de dados, entrevistas, análise documental, observação e notas de campo. Entre os achados da investigação, constatou-se que: a deserção (desintegração) de uma equipe de pesquisa desencadeia sérios problemas nos estudos, os alunos têm dificuldade de pesquisa, por exemplo, na busca de informações, no trabalho em equipe e, por exemplo, problemas de coexistência.

Palavras-chaves: abandono, pesquisa, gestão do conhecimento.

¹. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, México. marcela.gomez@itesm.mx

². Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. raulemirotoscanomiranda@gmail.com

Introducción

En las instituciones educativas existe un gran interés por generar innovación educativa. Para ello, se estructura un programa de estudio teniendo en cuenta la investigación formativa. Estas investigaciones son realizadas por los estudiantes normalmente en grupos pequeños y de este proceso se pueden derivar deserción en los proyectos y problemas de equipo. Esta investigación se ha enfocado en el estudio de estos factores.

El caso de estudio para esta investigación se localiza en la Universidad de Córdoba; dicha es de carácter público y se encuentra ubicada en la ciudad de Montería, del departamento de Córdoba, Colombia. En la Facultad de Educación y Ciencias Humanas se ofrece la Licenciatura en Informática y Medios Audiovisuales (Limav). En esta existe una estrategia metodológica para que los estudiantes desarrollen competencias en investigación (denominada investigación formativa). Dicha estrategia se desarrolla desde el segundo hasta el quinto semestre, con un proyecto que desarrollan a lo largo de estos semestres. En la implementación de la estrategia antes mencionada se presentan distintas situaciones o problemas que pueden ocurrir en el transcurso de este proceso como, por ejemplo: algunos proyectos son abandonados por los estudiantes porque se desintegra el equipo de investigación, el proyecto cambia de denominación, no se sabe qué docente inició la asesoría de un proyecto específico, un estudiante queda solo con el proyecto y no desea continuar (por lo que busca otro equipo) o la dificultad de saber si esta idea de proyecto ya la tienen otros estudiantes.

El propósito de la presente investigación fue dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿cuáles son las dificultades que provocan la deserción de los estudiantes en los equipos de investigación formativa en Limav de la Universidad de Córdoba?

La revisión teórica trata sobre la importancia de la innovación e innovación educativa, y se observa cómo la gestión del conocimiento aporta estrategias para llevar a un mejor nivel las instituciones

educativas. Además, se hace una revisión sobre investigación formativa en instituciones de educación superior, sobre el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo colaborativo y el trabajo en equipo muestra cómo se mezclan estratégicamente para apoyar la investigación formativa. En cuanto a la deserción académica, se observa que tiene muchos efectos negativos en el desarrollo integral de los estudiantes.

En esta investigación de naturaleza cualitativa con diseño de estudio de casos, participaron cinco profesores y 30 alumnos. Se encontraron algunos factores que parecen indicar cuáles son las dificultades que los estudiantes enfrentan en su investigación formativa, por ejemplo: la deserción (desintegración) de un equipo de investigación, problemas de convivencia en el trabajo en equipo, entre otras que se profundizan más adelante.

Marco teórico

Innovación e innovación educativa

Existen varios aportes sobre la conceptualización de innovación, entre ellas las siguientes: “La innovación es una realización motivada desde fuera o dentro de la escuela que tiene la intención de cambio, transformación o mejora de la realidad existente en la cual la actividad creativa entra en juego”. En el mismo sentido, Edgar y Grant (citado en Alemán, Gomez-Zermeño, Parada y Sainz, 2011) afirman que la innovación es impulsar un nivel novedoso en los procesos o en los productos. Por su parte, Bayardo (citado por Cruz, 2008) considera que la innovación es la selección, organización y utilización creativa de recursos humanos o materiales que lleve a alcanzar nuevas metas.

En el contexto educativo, Caña de León (citado por Rimari, 2006) define la innovación educativa como el hecho de provocar cambios en las prácticas educativas mediante estrategias y procesos. Alemán *et al.* (2011) recomiendan generar mecanismos de aprendizaje, desarrollo y administración de proyectos en innovación.

Luego de observar la importancia de la innovación e innovación educativa, es claro el abanico de oportunidades que se tiene al formar en investigación y las posibilidades que hay de implementar en la comunidad académica esta serie de proyectos. Caro, Jiménez y Toscano (2011) afirman que la investigación formativa es un proceso en el que las universidades, mediante sus programas adscritos, definen una estructura curricular que sirve como cimiento para la preparación del estudiante en el desarrollo de su espíritu investigativo.

Sistemas de gestión del conocimiento

Para Nonaka y Takeuchi la gestión de conocimiento es “la capacidad de una organización de crear nuevo conocimiento, diseminarlo a través de la organización y expresarlo en productos, servicios y sistemas” (citado por Caro *et al.*, 2011, p. 158). En la misma línea de acción, Alemán *et al.* recomiendan “promover la transferencia de conocimiento que se genera a través de redes de innovación abierta” (2011, p. 43). Gómez-Zermeño y Alemán (2011) indican que las organizaciones valoran la capacidad de aprender y aplicar lo aprendido, como aspectos indispensables para aprovechar su potencial. Esto les permitirá mayor capacidad para poder anticipar nuevos escenarios y optimizar los recursos humanos para estas tareas.

Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden respaldar a la organización en la gestión del conocimiento. Dicho de otro modo, un sistema de gestión del conocimiento se refiere a una clase de sistema de información aplicado a la gestión del conocimiento organizacional; es decir, son sistemas basados en las tecnologías desarrolladas para apoyar y mejorar los procesos organizativos de la creación de conocimiento, almacenamiento y recuperación, transferencia y aplicación (Alavi y Leidner, citado por Malhotra, 2005).

Gómez-Zermeño (2012) expresa la importancia de que las instituciones educativas y organismos de investigación generen proyectos de investigación con tecnologías emergentes que favorecen, de esta

manera, a docentes y estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para el caso de las ideas, fruto de la creación de nuevo conocimiento, Jarle Gressgård, Amundsen, Merethe Aasen y Hansen (2014) recomiendan que los miembros de la organización tengan pleno acceso a dichas ideas, presentándolas en portales de innovación. En Fainholc (2006), se recomienda articular la estrategia de utilizar TIC con la moral y la ética, para ser aplicado en la gestión del conocimiento en una verdadera sociedad del conocimiento. Así, para gestionar el conocimiento explícito y tácito en una organización se deben aplicar adecuadamente los valores humanos para el tratamiento adecuado de la información.

Aprendizaje basado en proyectos, trabajo colaborativo y equipos de trabajo

Thomas (2000) y Gülbahar *et al.*, (2006) (citados por Badia y García, 2006), definen el aprendizaje basado en proyectos colaborativos (ABPC) como una metodología didáctica de enseñanza y aprendizaje en la que se incluye la creación de proyectos desarrollados en grupos pequeños de estudiantes de manera colaborativa.

Los trabajos con proyectos requieren de varias habilidades integradoras como, por ejemplo, habilidades lingüísticas, conocimiento del contexto, capacidad para plantear preguntas, habilidad crítica, conocimiento procedimental en el manejo de tablas y gráficos (como en los programas de cómputo para producirlos), manejo de tiempos de entrega, organizar eficientemente la recogida de datos, trabajo en equipo, entre otras (Batanero y Díaz, 2004). El uso de estas habilidades promueve el conocimiento significativo y motivan al estudiante a interactuar con los compañeros de clases y el docente orientador.

Cenich y Santos (2005) sostienen que el aprendizaje basado en proyectos y el trabajo colaborativo no es un proceso puramente interno, sino que es un constructo social que se da por las interacciones entre los estudiantes, el contexto en el cual se desarrolla juega un papel muy importante.

Un equipo de trabajo “se trata de un pequeño número de personas que con conocimiento y habilidades complementarias, unen sus capacidades para lograr determinados objetivos y realizar actividades orientadas hacia la consecución de los mismos” (Ander-Egg, 2001, p. 13). Katzenbach (2000) afirma que los equipos de trabajo se caracterizan por su disciplina, intenso trabajo, *empowerment* (aumento de fortaleza en sus capacidades), convivencia, responsabilidad mutua y dinámica de grupo. Los esfuerzos carentes de disciplina generan confusión y sobrecarga de trabajo (Katzenbach, 2000). Este es uno de los problemas recurrentes en equipos.

Deserción académica

Quispe (2010) y Moreira-Mora (2007) divulgaron resultados similares sobre los factores que influyen en el rendimiento académico y la deserción de los estudiantes: bajo ingreso familiar, estudiantes que deben realizar un trabajo remunerado para ayudar a la manutención de la familia, número de cursos que desaprobaron y número de horas dedicadas al estudio por día. Quispe (2010) también encontró otros factores como el número de créditos matriculados, nivel de asistencia de los estudiantes a clases, tamaño familiar, el nivel de educación del jefe de familia y el sexo del jefe de hogar. Por su parte, Moreira-Mora (2007) expresó que ser adolescentes con hijos y tener bajo nivel de escolaridad en ambos progenitores son aspectos que también influyen. Al respecto, una de las conclusiones del estudio de Cruz y Gómez (2005) fue que los tres primeros semestres se convierten en el período crítico en materia de deserción. Himmel (2002) agrega que el apoyo y el estímulo que el estudiante recibe de su familia repercuten en el autoconcepto académico y el nivel de aspiraciones; en el mismo sentido, sus valores y sus expectativas de éxito influyen en la persistencia dentro de la universidad.

Palacios y Andrade (2007) determinaron que los adolescentes que se involucran en actividades escolares y académicas tendrán pocas oportunidades

potenciales para experimentar el consumo de sustancias adictivas, la conducta sexual, el intento de suicidio y presentar conducta antisocial, lo cual derivará en conductas más positivas y saludables.

Uno de los traumas colaterales de la deserción es que esta acción puede alterar negativamente la salud mental del desertor (Himmel, 2002; Paramo y Maya, 2012).

Metodología

El método de investigación seleccionado para ejecución de la investigación fue de naturaleza cualitativa, con estudio de casos. Yin (2009) define el estudio de caso como un método de investigación empírica que trata un fenómeno a profundidad dentro de su contexto. El estudio de casos (Stake, 2007) puede lograr comprender sus procesos internos debido a la interacción con su contexto, dada su especificidad y complejidad particular. En esta investigación, el estudio de casos se enfocó en la Universidad de Córdoba, en Limav y los cursos referentes a la investigación formativa, las cuales están organizados en los semestres II, III, IV y V.

Yin (2006) concibe que, cuando en la investigación se da la existencia de una pregunta descriptiva, es pertinente el método estudio de casos. La pregunta diseñada para esta investigación es: ¿cuáles son las dificultades que provocan deserción de los estudiantes en los equipos de investigación formativa en Limav de la Universidad de Córdoba?

El contexto de la presente investigación se determinó con los estudiantes y docentes de Limav de la Universidad de Córdoba. La muestra fue de tipo por conveniencia; de acuerdo con Valenzuela y Flores (2012), esta es utilizada cuando la muestra se basa en la conveniencia de tiempo, dinero, localización, disposición de lugares e informantes. Para esta investigación el foco de estudio está localizado en el mismo entorno de trabajo de la unidad investigativa. La muestra estuvo conformada por 30 estudiantes (20 de cuarto y 10 de séptimo semestre) y cinco docentes del área de investigación. En concordancia con lo que dice Mayan

(2001), el estudio de la muestra se hizo para comprender el fenómeno de interés y dar respuesta a la pregunta de investigación.

Los instrumentos para coleccionar los datos se describen a continuación:

- Entrevistas semiestructuradas: usadas de manera flexible, de modo que el entrevistador pudo modificarlas de acuerdo a la situación (Valenzuela y Flores, 2012). Las entrevistas fueron diseñadas por la teniendo en cuenta los objetivos planteados; luego de realizar las entrevistas se codificaron y sistematizaron. Como suele ocurrir en las investigaciones cualitativas, después de las conversaciones con los participantes, se hizo una reestructuración de los indicadores dentro de las categorías de estudio.
- Documentos: se tomaron datos de los proyectos que llevan los estudiantes, recomendaciones que hacen de los docentes y registros de seguimiento de los proyectos.
- La observación participante: para registrar y documentar eventos importantes (sustentaciones de los proyectos finales de cursos), así como comportamientos de los estudiantes y docentes (Valenzuela y Flores, 2012).
- Las notas de campo: son utilizadas por el investigador para documentar y apoyar otras técnicas de recolección de datos (Mayan, 2001).

Para el análisis de datos, Mayan (2001) recomienda en las investigaciones de tipo cualitativo un análisis de contenido si se utilizan entrevistas semiestructuradas, diarios de campo y grupos focales en el trabajo de campo. Siguiendo esta recomendación, las entrevistas fueron codificadas y sistematizadas antes de ser analizadas; además, se hizo un contraste con la bitácora del investigador y registros de tesis terminadas, proyectos en cursos y sustentaciones de los mismos. Durante este proceso se hizo el análisis de contenido para determinar estadísticas de los datos, así como categorizar patrones primarios de estos.

Mayan (2001) describe el uso de categorías para el análisis de los datos, con lo cual se hizo también el análisis de contenido para determinar la relación de estos dentro del contexto estudiado. Posteriormente, se hizo un contraste con los diferentes métodos utilizados en la recolección de datos.

Resultados

El presente apartado presenta los resultados obtenidos en el trabajo de campo, siguiendo la metodología cualitativa. Stake (2007) recomienda presentar, en primer lugar, una descripción del caso de estudio y, luego, los resultados. Se hizo una triangulación con los datos de la observación directa, entrevista a profesores y estudiantes. Los datos se analizaron de acuerdo a las categorías e indicadores del estudio.

Descripción del caso de estudio

En la tabla 1 se destacan las características del caso de estudio.

Investigación formativa

Los indicadores a tener en cuenta en esta categoría son: dificultades presentadas en el desarrollo de los proyectos que se dan en el marco de la investigación formativa, consecuencias de la desintegración de un equipo de investigación, causas de abandono de un proyecto, necesidades de cambiar o formar un nuevo equipo de investigación. En la tabla 2 se relacionan los resultados más relevantes.

Aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo

El indicador que se tuvo en cuenta en esta categoría fue: dificultades que más se repiten en el aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo. A continuación, en la tabla 3, se describen las apreciaciones más relevantes de los profesores y estudiantes:

Tabla 1. Características del caso de estudio.

Referente	Característica del caso de estudio
Institución educativa:	Universidad de Córdoba (Colombia)
Programa académico:	Licenciatura en Informática y Medios Audiovisuales
Área:	Investigación
Población de estudiantes:	120 estudiantes de los semestres en los que se toman los cursos de investigación formativa (II, III, IV y V).
Muestra de estudiantes:	30 (20 de cuarto semestre y 10 de séptimo semestre). Los estudiantes de séptimo semestre fueron estudiados porque ya habían visto todos los cursos de investigación formativa y porque fueron estudiantes del investigador en otro curso.
Semestres consultados:	IV y VII
Población de docentes (área de investigación)	5

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 2. Indicadores de la categoría investigación formativa.

Categoría: investigación formativa			
Indicadores	Profesores	Estudiantes	
1. Dificultades presentadas en el desarrollo de los proyectos que se dan en el marco de la investigación formativa			
Carencia en la relación e identificación de problemas	5		
Carencia de habilidades para regular el aprendizaje	5		
Presentan alta tendencia a copiar y pegar texto de internet	5		
Los estudiantes tienen baja responsabilidad	5		
Tienden a entregar tarde los trabajos	5		
A los estudiantes no les gusta investigar		18	
Faltan recursos económicos para suplir los gastos que implica el desarrollo de un proyecto de investigación		26	
El tiempo que le dedican al proyecto es poco	5	25	
Falta de trabajo en equipo	5	25	
Los estudiantes han tenido dificultad en el uso de las bases de datos bibliográficas que existe en la universidad	4		
Dificultad para encontrar un buen tema para hacer la investigación	4	24	
Es complicado el proceso metodológico, la búsqueda del marco teórico y lograr entender los conceptos y métodos		27	
Los estudiantes se desmotivan cuando ven que los productos se pierden o se quedan estancados y piensan que así será con su proyecto		20	
2. Consecuencias de la desintegración de un equipo de investigación de estudiantes			
El que permanece al proyecto pero no lo realiza	4	6	
La universidad pierde la oportunidad de conocer o de profundizar un tema el cual hubiese servido para el beneficio de la misma		14	
Los estudiantes se desorientan		12	
Desmotivación para realizar futuros proyectos de investigación		18	
Se rompe una relación personal		14	
3. Causas de abandono de un proyecto			
El proyecto es costoso y los estudiantes no tienen la capacidad financiera	4		
Tienen pocas habilidades para trabajar en equipo	5	16	
No son responsables con los compañeros y con las entregas	5	14	
4. Necesidades de cambiar o formar un nuevo equipo de investigación (14 estudiantes, de 30, cambiaron de equipo)			
Poca productividad		14	
Falta de interés de los compañeros		14	
Por no estar de acuerdo con los compañeros		12	
Falta de responsabilidad del compañero		14	

Fuente: elaboración propia de los autores.

Tabla 3. Indicadores de la categoría aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo.

Categoría: aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo		
Indicador	Profesores	Estudiantes
1. Dificultades que más se repiten en el aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo		
Los estudiantes no definen ni respetan los perfiles y roles en el equipo	5	18
Los estudiantes tienen una cultura al trabajo individualizado	4	10
No todos los integrantes de un equipo trabajan con el mismo interés	4	10
Tienen poca colaboración en el trabajo asignado		18
Las decisiones son inefectivas		10
La convivencia no es fácil		14
Problemas de comunicación		10

Fuente: elaboración propia de los autores.

Discusión de resultados

En este apartado se evidencian los principales hallazgos encontrados en la presente investigación, de acuerdo con las categorías: investigación formativa y aprendizaje basado en proyectos y trabajo colaborativo.

En este caso de estudio, los resultados evidencian que los estudiantes tienen dificultades que merece la pena atender y mejorar tales como la regulación del aprendizaje, convivencia y trabajo en equipo, baja responsabilidad y no les gusta investigar. La investigación formativa es un proceso educativo que busca el desarrollo de habilidades, hábitos y actitudes, así como la internalización de valores (Moreno Bayardo, 2005). En el mismo sentido Caro *et al.* (2011) afirman que se forman los cimientos para el desarrollo del espíritu investigativo. Por tanto, hay que generar estrategias educativas que permitan el desarrollo de habilidades en el manejo de proyectos investigación con un impacto positivo en los actores.

Así mismo, se considera como actividades esenciales los procesos de lecto-escritura en los estudiantes (da Costa e Sousa y Bouza da Costa, 2010). Para Robeiro (2005), es tan esencial el dominio de la competencia lectora, que no tenerla puede ocasionar comportamientos negativos y problemas emocionales. En los estudiantes se observa que sus

redacciones son incoherentes, presentan escaso vocabulario y uso de conectores entre párrafos, no ordenan las ideas adecuadamente y tienen faltas ortográficas recurrentes. Como resultado de esto se encuentra que los estudiantes no tienen deseo de escribir.

En cuanto a los procesos de investigación, se encontraron dificultades que van desde encontrar un buen tema para hacer la investigación, trabajar en la metodología, elaboración del marco teórico, pocas competencias en la búsqueda de información, determinar la viabilidad del proyecto y, por lo tanto, los estudiantes consideran que son insuficiente los tiempos de asesoría y necesitan más motivación. Valenzuela y Flores (2012) corroboran esto al afirmar que los estudiantes normalmente tienen dificultades desde el inicio con la elección del tema y su delimitación. Badia y García (2006) plantean que los estudiantes en los proyectos colaborativos deben resolver los problemas que surgen y buscar respuestas a situaciones complejas.

De estos hechos encontrados, se recomienda hacer reestructuraciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje en cuanto a investigación formativa. Haciendo uso de la gestión del conocimiento, se recomienda que los estudiantes socialicen (puede ser en las sustentaciones que tienen cada semestre para mostrar sus avances) cuáles son los aspectos a mejorar dentro de su unidad

investigativa, en qué procesos ellos estuvieron las mayores dificultades así como qué estrategias en materia de investigación les recomiendan a los demás compañeros para que puedan divulgar la experiencia que han adquirido en el equipo de investigación.

Un equipo de estudiantes que se desintegra desencadena trastornos en la investigación; cada estudiante debe iniciar un nuevo proyecto, por lo que se pierde tiempo y calidad en el proceso; la universidad pierde los beneficios generados de implementar el proyecto inconcluso; los estudiantes se desorientan y se desmotivan; se corrompen las relaciones humanas con los compañeros de investigación; se pierde la confianza con los compañeros y se evita seguir conformando equipo de trabajo con ellos. Esto es considerado un tipo de deserción en los estudiantes y, según Eccles (citado por Himmel, 2002), influencia sus trabajos futuros, el autoconcepto y sus expectativas de éxito. Para este caso es pertinente buscar las estrategias para mediar y evitar sucesos de esta magnitud. A continuación, se explica el porqué de estas situaciones.

Según la idea anterior, el análisis de los resultados deja entrever los motivos de cambiar de equipo, como: poca productividad, falta de responsabilidad, sin experiencia en el trabajo en equipo; por lo tanto, no conocen los roles ni las tareas que deben desempeñar, se entrecruzan tareas, hay una tendencia al trabajo individualizado, bajo interés en las tareas, decisiones poco efectivas, problemas de convivencia y faltas de respeto. Los equipos bien constituidos tienen características como: complementación humana e interpersonal, comunicación fluida y transparente, capacidad para superar conflictos y oposiciones (Ander-Egg, 2001). Es evidente que los estudiantes necesitan potencializar sus habilidades en el trabajo en equipo para obtener mejores resultados en las investigaciones. En estas condiciones, es importante sensibilizar a los docentes en la importancia de capacitar y entrenar a los estudiantes en la conformación de equipos exitosos y trabajo en equipo.

Conclusiones

De acuerdo con los hallazgos de la investigación, se encontró que las dificultades que provocan deserción de los estudiantes en los equipos de investigación formativa son: dificultades en la regulación del aprendizaje, falta de responsabilidad, no les gusta investigar y fallas en la convivencia y trabajo en equipo. También se observa en los estudiantes que sus redacciones son incoherentes, presentan escaso vocabulario y uso de conectores entre párrafos, no ordenan las ideas adecuadamente, tienen faltas ortográficas recurrentes; como consecuencia, los estudiantes no tienen deseo de escribir.

Otro de los hallazgos es el hecho de que el proceso de búsqueda de información para conocer antecedentes locales se ve obstruido porque los proyectos de Limav no están digitalizados ni organizados. Aunque existen bases de datos bibliográficas en la universidad, los estudiantes no tienen las suficientes habilidades para usarlas.

En cuanto a los procesos de investigación, se encontraron dificultades que parten desde encontrar un buen tema para hacer la investigación, trabajar en la metodología, elaboración del marco teórico, determinar la viabilidad del proyecto. Razón por la cual los estudiantes consideran que son insuficientes los tiempos de asesoría y que necesitan más motivación. Otro factor que dificulta el acceso a las fuentes de información para sus investigaciones es que en las instituciones educativas que normalmente son objeto de investigación no facilitan los horarios de trabajo para hacer las pruebas, el acceso a la información es restringido y para las encuestas o entrevistas no colaboran sin la presencia de un docente.

Cuando un equipo de estudiantes, que realiza un proyecto de investigación, se desintegra se generan trastornos en la investigación. Cada estudiante debe iniciar un nuevo proyecto, por lo que se pierde tiempo y calidad en el proceso; la universidad deja de percibir los beneficios generados de implementar el proyecto inconcluso; los

estudiantes se desorientan y se desmotivan; se corrompen las relaciones humanas con los compañeros de investigación, se pierde la confianza con los compañeros y se evita seguir conformando equipo de trabajo con ellos. Para los estudiantes, los motivos de cambiar de equipo son: poca productividad, falta de responsabilidad, inexperiencia en el trabajo en equipo, por lo que no conocen los roles ni las tareas que deben desempeñar, se entrecruzan tareas, hay tendencia al trabajo individualizado, bajo interés en las tareas, decisiones poco efectivas y problemas de convivencia y faltas de respeto.

Con este estudio se encontró áreas de oportunidad para prevenir que los estudiantes no deserten de sus equipos de investigación ni de sus proyectos de investigación, lo que consolidaría una investigación formativa más productiva.

Referencias

- Alemán, L., Gómez-Zermeño, M., Parada, E. y Sainz, P. (2011). *Estrategias extracurriculares para la enseñanza de la innovación. Nuevas formas de enseñar la innovación*. Recuperado de <http://alfakickstart.files.wordpress.com/2011/04/itesm-p-ups-a-vf-estrategias-extracurriculares-para-la-ensec3b1anza-de-la-innovaci-c3b3n.pdf>
- Ander-Egg, E. (2001). *El trabajo en equipo*. México D.F.: Progreso.
- Badía, A. y García, C. (2006). Incorporación de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje basados en la elaboración colaborativa de proyectos. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3(2). Recuperado de http://www.uoc.edu/rusc/3/2/dt/esp/badia_garcia.html
- Batanero, C. y Díaz, C. (2004). El papel de los proyectos en la enseñanza y aprendizaje de la estadística. En J. Patricio Royo (ed.), *Aspectos didácticos de las matemáticas* (pp. 125-164). Zaragoza: ICE. Recuperado de <http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/ICE.pdf>
- Caro, M. F., Jiménez, J. A. y Toscano, R. E. (2011). Una arquitectura integrada para el modelado de sistemas informáticos de gestión de conocimiento en investigación formativa. *Avances en Sistemas e Informática*, 8(3), 157-164. Recuperado de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/view/29776>
- Cenich, G. y Santos, G. (2005). Propuesta de aprendizaje basado en proyecto y trabajo colaborativo: experiencia de un curso en línea. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 7(2). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol-7no2/contenido-cenich.html>
- Da Costa e Sousa., O. y Bouza Da Costa, C. (2010). El texto en el aprendizaje de la lecto-escritura. *II Congés Internacional de Didactiques*. Recuperado de <http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2972/436.pdf?sequence=1>
- Cruz, R. (2008). Innovación, formación docente y políticas educativas en México. Hacia una reconstrucción desde el sujeto. *Tiempo de educar*, 9(17), 84-118. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31111439005>
- Fainholc, B. (2006). Rasgos de las universidades y de las organizaciones de educación superior para una sociedad del conocimiento, según la gestión del conocimiento. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3(1). Recuperado de <http://www.uoc.edu/rusc/3/1/dt/esp/fainholc.html>
- Girón-Cruz, L. y Gonzáles-Gómez, D. (2005). Determinantes del rendimiento académico y la deserción estudiantil, en el programa de economía de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. *Economía Gestión Desarrollo*, 3, 173-201. Recuperado de http://revistaeconomia.puj.edu.co/html/articulos/Numero_3/9.pdf
- Gómez-Zermeño, M. (2012). *Bibliotecas digitales: modelo para el diagnóstico de recursos bibliográficos en formato electrónico disponibles para la educación básica*. México D.F.: ITESM.
- Gómez-Zermeño, M. y Alemán, L. (2011). *Administración de proyectos de capacitación basados en tecnología*. Monterrey, México: ITESM.

- Himmel, E. (2002). Modelos de análisis de la deserción estudiantil en la educación superior. *Calidad de la educación*, 17, 91-108. Recuperado de <http://www.cned.cl/file/535/download?token=4MIT-a7>
- Jarle Gressgård, L., Amundsen, O., Merethe Aasen, T. y Hansen, K. (2014). Use of information and communication technology to support employee-driven innovation in organizations: a knowledge management perspective. *Journal of Knowledge Management*, 18(4), 633-650. DOI: <https://doi.org/10.1108/JKM-01-2014-0013>
- Katzenbach, J. (2000). *El trabajo en equipo: ventajas y dificultades*. España: Granica.
- Malhotra, Y. (2005). Integrating knowledge management technologies in organizational business processes: getting real time enterprises to deliver real business performance. *Journal of Knowledge Management*, 9(1), 7-28. DOI: <https://doi.org/10.1108/13673270510582938>
- Mayan, M. (2001). *Una introducción a los métodos cualitativos: un módulo de entrenamiento para estudiantes y profesionales*. Recuperado de <https://sites.ualberta.ca/~iiqm/pdfs/introduccion.pdf>
- Moreira-Mora, M. (2007). Perfil sociodemográfico y académico de estudiantes en deserción del sistema educativo. *Actualidades en Psicología*, 21(108), 145-165. DOI: <https://doi.org/10.15517/ap.v21i108.31>
- Moreno Bayardo, M. (2005). Potenciar la educación: un currículum transversal de formación para la investigación. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 3(1). Recuperado de http://www.ice.deusto.es/RINACE/reice/Vol3n1_e/Res_Moreno.htm
- Palacios, J., y Andrade, P. (2007). Desempeño académico y conductas de riesgo en adolescentes. *Revista de Educación y Desarrollo*, 7, 5-16. Recuperado de http://www.cucs.udg.mx/revistas/edu_desarrollo/anteriores/7/007_Palacios.pdf
- Paramo, G. J. y Maya, C. (2012). Deserción estudiantil universitaria. Conceptualización. *Revista Universidad Eafit*, 35(114), 65-78. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1075>
- Quispe, J. T. (2010). Factores que influyen en el rendimiento académico y la deserción de los estudiantes de la facultad de ingeniería económica de la UNA-Puno, periodo 2009. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 2(11). Recuperado de <http://www.eumed.net/rev/ced/11/jtq.htm>
- Robeiro, M. (2005). "Ler bem para aprender melhor": um estudo exploratório de intervenção no âmbito da descodificação leitora. Braga: Universidade do Minho. Recuperado de <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2999/1/TESE.pdf>
- Stake, R. (2007). *Investigación con estudios de casos*. Madrid: Morata.
- Valenzuela, J. y Flores, M. (2012). *Fundamentos de investigación educativa (vol. 2)*. México: Editorial Digital del Tecnológico de Monterrey.
- Yin, R. (2006). Case Study Methods. En J.L. Green, G. Camilli, P. B. Elmore (eds.), *Handbook of complementary methods in education research* (pp. 111-122). EE. UU.: Aera
- Yin, R. (2009). *Case Study Research*. EE. UU.: Sage.





Evaluación del densificado de la madera de *Gyrocarpus americanus* Jacq. en su densidad y módulo de elasticidad

Evaluation of densification of *Gyrocarpus americanus* Jacq. in its density and modulus of elasticity

Avaliação da densificação de *Gyrocarpus americanus* Jacq. em sua densidade e módulo de elasticidade

Javier Ramón Sotomayor-Castellanos¹

Recibido: diciembre de 2017

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Sotomayor-Castellanos, J. R. (2018). Evaluación del densificado de la madera de *Gyrocarpus americanus* Jacq. en su densidad y módulo de elasticidad. *Revista Científica*, 32(2), 157-168. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.128330>

Resumen

El densificado de la madera es un mecanismo de deformación que se presenta durante la manufactura de productos compuestos. Esta tecnología pretende la estabilización dimensional de la madera e incrementar sus propiedades mecánicas. El objetivo de la investigación fue densificar madera de *Gyrocarpus americanus* Jacq., evaluar el efecto del tratamiento en la densidad y en el módulo de elasticidad. Inicialmente, la madera se hidrató en agua, durante 72 horas y con temperatura de 20 °C. Posteriormente, las probetas se suavizaron durante 4 horas en agua caliente con temperatura de 93.5 °C. A continuación, se prensaron las probetas con un dispositivo fabricado especialmente para la investigación. La estrategia de investigación consistió en determinar la densidad y realizar pruebas de flexión estática, antes y después del tratamiento. Los coeficientes de compresión y de densificado fueron evaluados después

del tratamiento. Se prepararon 32 probetas normalizadas y se realizaron pruebas de flexión estática, antes y después del densificado. Para estos resultados se realizaron pruebas de diferencias de medias para muestras independientes, y se calcularon las regresiones entre los valores del módulo de elasticidad como variable dependiente en función de la variable independiente densidad. El coeficiente de compresión fue de 56.3% y el coeficiente de densificado fue de 50.3%. Después del tratamiento la densidad de *Gyrocarpus americanus* Jacq. aumentó 102% y su módulo de elasticidad se incrementó en 113%. Los índices de densificado, elástico y de calidad confirmaron que el tratamiento de densificado higo-termo-mecánico produjo buenos resultados para madera de baja densidad.

Palabras clave: densidad de la madera, índice de calidad, índice de densificado, índice elástico, módulo de elasticidad.

¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia-México. madera999@yahoo.com

Abstract

The densified of wood is a mechanism of deformation that occurs during the manufacture of composite products. This technology aims at the dimensional stabilization of wood and increase its mechanical properties. The objective of the research was to densify *Gyrocarpus americanus* Jacq. wood and to evaluate the effect of the treatment on density and modulus of elasticity. Initially, the wood was hydrated in water for 72 h and at a temperature of 20 °C. Subsequently, the specimens were softened for 4 h in hot water at a temperature of 93.5 °C. The specimens were then pressed with a device made especially for the investigation. The research strategy was to determine density and perform static flexion tests before and after treatment. The compression and densification coefficients were evaluated after treatment. Thirty-two standardized specimens were prepared and static flexural tests were performed before and after densification. For the before and after densified results tests of mean differences for independent samples were performed. The regressions between the values of the modulus of elasticity as a dependent variable were calculated as a function of the independent variable density. The compression coefficient was 56.3% and the densification coefficient was 50.3%. After treatment, the density of *G. americanus* increased 102% and its modulus of elasticity increased by 113%. The densified, elastic and quality indices confirmed that the densified hygro-thermo-mechanical treatment produced good results for low-density wood.

Keywords: wood density, quality index, densification index, elastic index, modulus of elasticity.

Resumo

A densificação da madeira é um mecanismo de deformação que ocorre durante o fabrico de produtos compostos. Esta tecnologia visa a estabilização dimensional da madeira e aumenta suas propriedades mecânicas. O objetivo da pesquisa foi densificar a madeira de *Gyrocarpus americanus* Jacq. e avaliar o efeito do tratamento na densidade e módulo de elasticidade. Inicialmente, a madeira foi hidratada em água, por 72 h e a uma temperatura de 20 °C. Posteriormente, os espécimes foram suavizados durante 4 h em água quente a uma temperatura

de 93.5 °C. Em seguida, os espécimes foram pressionados com um dispositivo especialmente fabricado para pesquisa. A estratégia de pesquisa foi determinar a densidade e realizar testes de flexão estática antes e após o tratamento. Os coeficientes de compressão e densificação foram avaliados após o tratamento. Foram preparados 32 espécimes padronizados e realizaram-se testes de flexão estática antes e após a densificação. Para os resultados antes e depois da densificação, as diferenças médias foram testadas para amostras independentes. As regressões foram calculadas entre os valores do módulo de elasticidade como variável dependente em função da densidade variável independente. O coeficiente de compressão foi de 56.3% e o coeficiente de densificação foi de 50.3%. Após o tratamento, a densidade de *G. americanus* aumentou 102% e seu módulo de elasticidade aumentou em 113%. Os índices densificados, elásticos e de qualidade confirmaram que o tratamento de densidades higro-termo-mecânicas produziu bons resultados para madeira de baixa densidade.

Palavras-chaves: densidade da madeira, índice de qualidade, índice de densificação, índice de elasticidade, módulo de elasticidade.

Introducción

La llegada al mercado de madera aserrada de especies de baja densidad, que proviene de plantaciones forestales, así como la incorporación en usos estructurales de maderas de especies de nuevo aprovechamiento, ha suscitado la caracterización de las propiedades mecánicas de especies susceptibles de aumentar artificialmente su densidad (Yoshihara y Tsunematsu, 2007).

El densificado de la madera es un importante mecanismo de deformación que se presenta en varios procesos de manufactura de productos de madera reconstituida y de componentes estructurales. Este tratamiento involucra la compresión transversal de la madera e implica su comportamiento elasto-plástico al incluir grandes deformaciones (Aimene y Nairn, 2015).

Los tratamientos de densificado de la madera, de tipo higro-termo-mecánico, son de carácter

eco-sustentable y pueden ser clasificados desde tres perspectivas: el que tiene por objeto el plástificado de la madera, el que pretende la estabilización dimensional de la madera y el que tiene por propósito incrementar sus propiedades mecánicas. Para lograr estos objetivos se han experimentado diferentes procedimientos de densificado y condiciones de ensayo (Asaba y Nishimura, 2001; Hayashi y Nishimura, 2001; Kubojima, Ohtani y Yoshihara, 2004; Haller y Wehsener, 2004; Tang, Nakao y Zhao, 2004; Navi y Pizzi, 2015).

En el densificado de la madera, se emplean tratamientos de impregnación (Hill, 2006) o de compresión (Navi y Girardet, 2000), se incrementan sus propiedades de resistencia mecánica (Kutnar, Kamke y Sernek, 2008), se mejoran sus características higroscópicas (Skyba, Schwarze y Niemi, 2009; Fang, Cloutier, Blanchet, Koubaa y Mariotti, 2011) y se mejora su resistencia al deterioro ocasionado por agentes biológicos (Fang, Mariotti, Cloutier, Koubaa y Blanchet, 2012b). Así, el incremento artificial de la densidad de la madera, puede diversificar sus usos potenciales (Blomberg, Persson y Blomberg, 2005). Por ejemplo: los pliegos o láminas de madera densificada pueden ser incorporados en la fabricación de madera laminada los cuales pueden ser empleados para la fabricación de muebles, de pisos y como componente constructivo en edificaciones (Eckelman, 1993; Hayashi y Oshiumi, 1993; Ozarska, 1999; Erdil, Kasal, Zhang, Efe y Dizel, 2009).

La intensidad del tratamiento de densificado es evaluada con dos parámetros: el coeficiente de compresión (Sandberg y Navi, 2007), el cual explica el grado en que la pieza de madera es deformada en una dirección comparativamente a su tamaño original; y el coeficiente de densificado (Blomberg *et al.*, 2005), que representa el nivel de compactación del volumen respecto a la masa de la pieza en cuestión. La calidad del tratamiento de densificado es valorada con el índice de densificado y con el índice elástico, ambos necesarios para calcular el índice de calidad del densificado (Blomberg *et al.*, 2005). El índice de densificado

expresa el aumento en la densidad de la pieza de madera en tratamiento. Por su parte, el índice elástico explica la ganancia en el valor del módulo de elasticidad de la madera densificada en comparación con madera sin tratamiento. Ambos indicadores se combinan en el índice de calidad del densificado para explicar la relación entre la ganancia en densidad en relación al incremento en el módulo de elasticidad.

Todo proyecto ingenieril con madera requiere conocer el módulo de elasticidad de la especie que se va a emplear. De tal forma que la densidad de la madera es el parámetro de referencia, en su clasificación como material de ingeniería y como la característica física, para predecir el módulo de elasticidad (Niklas y Spatz, 2010). De igual manera, el módulo de elasticidad es un criterio de selección para el cálculo de productos y elementos estructurales de madera (Dinwoodie, 2000).

En México, la especie *G. americanus*. se distribuye en el estado de Oaxaca, y su distribución se extiende por Centroamérica, Colombia y norte de Venezuela (Rivera, 2006). Su poca resistencia y durabilidad la hacen inadecuada para usos muy finos y es más apropiada para cajas de embalaje, cubiertas para protección, soportes para muebles y posiblemente la extracción de pulpa (Cordero y Boshier, 2003).

Sus características físicas y mecánicas están reportadas por Sotomayor (2015). En la revisión de bibliografía, no se detectó información sobre el efecto del densificado de la madera de *G. americanus* en su módulo de elasticidad evaluado en flexión estática. Debido a su baja densidad, que, según el trabajo de Sotomayor, fluctúa entre 350 y 410 kg m⁻³, no es atractiva para uso estructural. No obstante, si se aumenta de manera artificial su densidad, posiblemente la madera de *G. americanus* presentará potencial para la fabricación de productos de valor agregado.

El objetivo de la investigación fue densificar madera de *G. americanus* con un tratamiento hidro-termo-mecánico y evaluar su efecto en la densidad y en el módulo de elasticidad.

Metodología

El material experimental utilizado y el procedimiento de densificado aplicado a la madera son los mismos empleados por Sotomayor (2016), mas no la configuración de las pruebas mecánicas. Mientras que Sotomayor realizó pruebas de ondas de esfuerzo y determinó el módulo dinámico en la dirección longitudinal de la madera, en la presente investigación se realizaron pruebas de flexión transversal y se determinó el módulo de elasticidad estático. Asimismo, los índices de densificado y de calidad del densificado para *G. americanus* están reportados en Sotomayor (2017).

Se recolectaron piezas aserradas de madera de *G. americanus* Jacq., en el estado de Michoacán, México. La especie se identificó en el Laboratorio de Mecánica de la Madera, de la Facultad de Ingeniería en tecnología de la Madera, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se prepararon 32 probetas con sección de 0.02 m x 0.02 m de sección transversal y de 0.32 m de longitud adaptando la norma ISO 3129:2012 (International Organization for Standardization, 2012). Las probetas fueron orientadas en las siguientes direcciones de la madera: radial, tangencial y longitudinal. Las probetas estuvieron libres de irregularidades de crecimiento tales como nudos y desviación de la fibra. La madera se acondicionó durante 24 meses en una cámara con una temperatura de 20 °C (± 1 °C) y una humedad relativa del aire de 65% (± 2 %) hasta que alcanzó un peso constante.

La estrategia de investigación consistió en determinar la densidad y el contenido de humedad de la madera y realizar pruebas de flexión estática antes y después del tratamiento de densificado. Los coeficientes de compresión y de densificado fueron evaluados después del tratamiento.

El contenido de humedad (CH) se determinó con un grupo complementario de probetas con dimensiones de 0.02 m x 0.02 m x 0.32 m, en las direcciones radial, tangencial y longitudinal respectivamente adaptando la norma ISO

13061-2:2014. La determinación de la densidad al momento del ensayo (ρ_{CH}) se calculó con la relación entre el peso de la probeta al momento de las pruebas y su volumen correspondiente.

El tratamiento de densificado de madera siguió el procedimiento utilizado por Sotomayor (2016) y consistió en los pasos siguientes:

1. Hidratado de la madera, a temperatura de 20 °C, durante 72 horas.
2. Suavizado en agua con una temperatura de 93.5 °C, durante 4 horas.
3. Prensado mecánico de las probetas en una maquina universal de pruebas mecánicas Tinius-Olsen® con capacidad de 300 kN. La velocidad de desplazamiento de la carga fue de 1 mm min⁻¹. El tiempo de cerrado del dispositivo de densificado fue de 15 min. La operación terminó cuando se alcanzó la tasa de compresión objetivo de 56%, con una carga promedio de 120 kN.
4. Secado al interior de un horno con una temperatura de 80 °C, durante 24 horas.
5. Estabilizado en una cámara de acondicionamiento con una temperatura de 20 °C y con una humedad relativa del aire de 65%, durante 60 días.

El coeficiente de compresión se calculó con la fórmula (Sandberg y Navi, 2007):

$$\varphi_c = \left(\frac{R_{ad} - R_{dd}}{R_{ad}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Donde:

φ_c = coeficiente de compresión (%)

R_{ad} = espesor de la probeta antes del densificado (m)

R_{dd} = espesor de la probeta después del densificado (m)

El coeficiente de densificado se calculó con la fórmula (Blomberg et al., 2005):

$$\lambda_p = \left(\frac{\rho_{dd} - \rho_{ad}}{\rho_{dd}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Donde:

λ_p = coeficiente de densificado (%)

ρ_{ad} = densidad de la probeta antes del densificado (m)

ρ_{dd} = densidad de la probeta después del densificado (m)

Las pruebas de flexión estática antes del densificado se realizaron en una maquina universal de pruebas mecánicas Tinius-Olsen® con capacidad de 300 kN, en el Laboratorio de Mecánica de la Madera, de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia, Michoacán, México, de acuerdo al protocolo propuesto por Sotomayor, Ramírez y Olguín (2014). Las pruebas de flexión estática después del densificado se realizaron siguiendo el mismo protocolo, pero en una maquina universal de pruebas mecánicas Sintech 30/D testing machine® con capacidad de 600 kN, en el Departamento de Ciencias de la Madera, de la Universidad de Columbia Británica, Canadá.

El módulo de elasticidad se calculó con la fórmula (Koman, Feher, Abraham y Taschner 2013):

$$MOE = \frac{P L^3}{48 y I} \quad (3)$$

Donde:

MOE = módulo de elasticidad (N m⁻²)

P = carga (N)

y = Deflexión (m)

L = distancia entre apoyos (m)

I = momento de inercia (m⁴)

Para fines de análisis de la calidad del tratamiento, el índice de densificado fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$I_p = \frac{\rho_{dd}}{\rho_{ad}} \quad (4)$$

Donde:

I_p = índice de densificado

ρ_{dd} = densidad después del densificado (kg m⁻³)

ρ_{ad} = densidad antes del densificado (kg m⁻³)

El índice elástico fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.*, 2005):

$$I_{MOE} = \frac{MOE_{dd}}{MOE_{ad}} \quad (5)$$

Donde:

I_{MOE} = índice elástico

MOE_{dd} = módulo de elasticidad después del densificado (N m⁻²)

MOE_{ad} = módulo de elasticidad antes del densificado (N m⁻²)

El índice de calidad del densificado fue calculado con la fórmula (Blomberg *et al.* 2005):

$$Q = \frac{I_p}{I_{MOE}} \quad (6)$$

Donde:

Q = índice de calidad del densificado

I_p = índice de densificado

I_{MOE} = índice elástico

Diseño experimental

Para las variables densidad, módulo de elasticidad, coeficiente de compresión, coeficiente de densificado, índice de densificado, índice elástico e índice de calidad, se determinaron las estadísticas: media aritmética, desviación estándar y

coeficiente de variación. Se realizaron pruebas de asimetría y curtosis para verificar la normalidad de las muestras.

Una vez que se verificó que las muestras provenían de distribuciones normales, se diseñó un experimento siguiendo las recomendaciones de Gutiérrez y de la Vara (2011). Las variables de respuesta fueron la densidad de la madera y el módulo de elasticidad. Los índices relacionados con la intensidad y la calidad del tratamiento se analizaron como variables derivadas. El tratamiento de densificado se consideró el factor de variación. El experimento consistió en pruebas *t* de Student para muestras pareadas de diferencias de medias para un nivel de confianza de 95%. La hipótesis nula $H_0: x_1 - x_2 = 0$ se contrastó con la hipótesis alterna $H_A: x_1 - x_2 \neq 0$. Los subíndices 1 y 2 representan el valor de las variables de respuesta para cada uno de los estados antes del densificado y después del densificado.

Para los resultados antes y después del densificado se calcularon las regresiones y sus coeficientes de determinación entre los valores del módulo de elasticidad como variable

dependiente en función de la densidad como variable independiente.

Resultados

La densidad, el módulo de elasticidad, el coeficiente de compresión y el coeficiente de densificado de madera de *G. americanus* se presentan en la tabla 1.

Los valores de asimetría y de curtosis de las pruebas de normalidad para la densidad de la madera (Asimetría=1.77 y curtosis=0.24) y para el módulo de elasticidad (Asimetría=-0.83 y curtosis=1.96) de *G. americanus* se situaron en el intervalo -2 y +2. De tal forma que se admite que las muestras provienen de distribuciones normales; lo que permitió realizar las pruebas de diferencia de medias. Las pruebas *t* de Student para la densidad de la madera y para el módulo de elasticidad indicaron valores de $P < 0.0001$ ($\alpha=0.05$). Estos resultados confirman que existe una diferencia significativa entre los valores antes y después del densificado de las variables de respuesta de la madera de *G. americanus*. De aquí se deriva que el

Tabla 1. Densidad, módulo de elasticidad, coeficiente de compresión y coeficiente de densificado para madera de *G. americanus*.

Antes del densificado				
	ρ_{CH} (kg m ⁻³)	MOE (MN m ⁻²)	-	-
\bar{x}	397	6 157	-	-
σ	28	1 030	-	-
CV	7,0	16,7	-	-
Después del densificado				
	ρ_{CH} (kg m ⁻³)	MOE (MN m ⁻²)	φ_c (%)	λ_p (%)
\bar{x}	800	13 123	56.3	50.3
σ	73	2 026	0.60	1.94
CV	9.2	15.4	1.1	3.9

ρ_{CH} = densidad; MOE = módulo de elasticidad; φ_c = coeficiente de compresión; λ_p = coeficiente de densificado; \bar{x} = media; σ = desviación estándar; CV = coeficiente de variación en por ciento.

Fuente: elaboración propia del autor.

tratamiento de densificado modificó la densidad y el módulo de elasticidad.

La magnitud del contenido de humedad de la madera de *G. americanus* antes del densificado fue de 12.2% y después del densificado disminuyó a 11.91%, lo que representa una variación de 2.5%. La variación del módulo de elasticidad de la madera atribuido a la modificación en su contenido de humedad, después del densificado, puede ser estimada empleando el coeficiente de higr elasticidad reportado por Sotomayor y Villaseñor (2016), para madera de *Pinus douglasiana* con densidad $\rho_{CH} = 521 \text{ kg m}^{-3}$, el cual es de $200 \text{ MN m}^{-2} \%^{-1}$. Así que la diferencia en el módulo de elasticidad sería de 498 MN m^{-2} , lo que representa un porcentaje de 0.92% del módulo de elasticidad antes del densificado. De tal forma, se consideró que el contenido de humedad en la madera no influyó en los resultados.

El coeficiente de densificado fue 10.7% menor que el coeficiente de compresión (tabla 1). Esta diferencia puede ser explicada por el hecho de que el prensado mecánico de la probeta se realizó en la dirección radial de la madera y el dispositivo de densificado no bloqueó las caras laterales de la probeta. Esto permitió la deformación de la madera en la dirección tangencial, es decir, transversal a la dirección de la carga. De tal forma, que la compactación del volumen en esta dirección no se efectuó de manera uniforme.

Por otra parte, la madera de *G. americanus* clasifica como una madera con un porcentaje de espacios vacíos muy alto (77.1%) (Sotomayor y Ramírez, 2014). Igualmente, esta especie presenta índices materiales (Ashby, 2005), que relacionan sus módulos de elasticidad con su densidad, mayores en comparación con maderas de densidades más altas (Sotomayor, Reyes, Rincón y Suárez, 2013). Es decir, la madera de *G. americanus* es porosa pero resistente. La combinación de estos dos aspectos sugiere que esta madera se compacta más fácilmente con respecto a su capacidad para comprimirse.

En el mismo contexto, el coeficiente de variación del coeficiente de densificado fue 255% mayor con respecto al coeficiente de compresión. Es decir, la compresión de la madera fue más uniforme en comparación con el nivel de densificado correspondiente. Con todo, el coeficiente de compresión de la madera de *G. americanus* se situó al interior del intervalo de 40% a 65%, valores reportados entre otros investigadores por Sandberg y Navi (2007), Yoshihara y Tsunematsu (2007), Fang *et al.* (2012b) y Khalil *et al.* (2014).

Densidad

Después del tratamiento la densidad de *G. americanus* aumentó 102% (tabla 1). Este resultado es comparable con los de trabajos anteriores de Yoshihara y Tsunematsu (2007), que encontraron para madera de *Picea sitchensis* con densidad de 480 kg m^{-3} , un incremento en su densidad de 90%. Por su parte Fang, Cloutier, Blanchet y Koubaa (2012a), para madera de *Populus tremuloides* después del densificado su densidad aumentó de 348 kg m^{-3} a 687 kg m^{-3} ; es decir, un 97.4%. Igualmente, Haller y Wehsener (2004) al densificar madera de *Picea abies*, con densidad de 390 kg m^{-3} , reportan un incremento en la densidad de 123% después de densificar la madera. De la misma manera, en el caso de Kamke (2006), con *Pinus radiata* de densidad de 412 kg m^{-3} , se reportó un incremento en la densidad de la madera densificada de 78%.

Los datos de la tabla 1 pueden ser comparados con los índices de densificado mostrados en la tabla 2, que indican el incremento en la densidad de la madera ocasionado por su densificado. En esta tabla los índices de densificado y de calidad del densificado para *G. americanus* son los mismos reportados por Sotomayor (2017). En efecto, los tratamientos de densificado aplicados por Kutnar *et al.* (2008), Skyba *et al.* (2009) y Ulker, Imirzi y Burdurlu (2012) mejoraron sensiblemente la densidad de las maderas estudiadas. Aún más el índice de calidad de densificado (Q) determinado para *G. americanus* fue mayor al de los autores citados.

Tabla 2. Índice de densificado, índice elástico e índice de calidad de densificado para madera densificada de *G. americanus* y resultados de la bibliografía.

	<i>G. americanus</i>		
	I_p	IMOE	Q
\bar{x}	2.01*	2.15	0.95*
σ	0.08	0.21	0.09
CV	3.90	9.80	9.55
	<i>Populus deltoides</i> x <i>Populus trichocarpa</i>		
Kutnar <i>et al.</i> (2008)	1.66	1.38	0.83
	<i>Picea abies</i>		
Skyba <i>et al.</i> (2009)	3.52	2.29	0.65
	<i>Fagus sylvatica</i>		
Skyba <i>et al.</i> (2009)	1.75	1.19	0.68
	<i>Pinus sylvestris</i>		
Ulker <i>et al.</i> (2012)	1.84	1.11	0.61
Promedio referencias	2.19	1.49	0.69

I_p = Índice de densificado; I_{MOE} = Índice elástico; Q = Índice de calidad del densificado; * Sotomayor (2017).

Fuente: elaboración propia del autor.

Módulo de elasticidad

Después del densificado, el módulo de elasticidad de la madera de *G. americanus*, se incrementó en 113% (tabla 1), mientras que el módulo dinámico en la dirección longitudinal y determinado con ondas de esfuerzo, reportado por Sotomayor (2016), se incrementó en 90.5%. Como consecuencia de la diferencia en las configuraciones experimentales, estos resultados son difíciles de comparar. Sin embargo, la magnitud del incremento en la densidad y en el módulo dinámico de *G. americanus* es comparable con los resultados reportados entre otros investigadores por Haller y Wehsener (2004), que densificaron madera de *Picea abies*, con densidad de 390 kg m⁻³ y reportan un incremento en el módulo de elasticidad de 62%; Kamke (2006) que densificó *Pinus radiata* con densidad de 412 kg m⁻³ y obtuvo un incremento en el módulo de elasticidad de 116% y Yoshihara y Tsunematsu (2007) quienes densificaron madera de *Picea sitchensis* con densidad de 480 kg m⁻³ consiguen que el módulo de elasticidad incremente en 70%.

Por su parte, Kutnar *et al.* (2008) obtienen para madera densificada ($\lambda_p = 63\%$) de *Populus deltoides* x *Populus trichocarpa* un incremento en el módulo de elasticidad en flexión estática de 37%. En el mismo contexto, Gao *et al.* (2016) consiguen para madera densificada de *Populus tomentosa* (490 kg/m³ < ρ_{CH} < 588 kg/m³) con un coeficiente de densificado de 47 %, obtuvieron un incremento en el módulo de elasticidad en flexión estática de 73.2 %.

Evaluación del tratamiento de densificado

La temperatura del tratamiento fue menor que la temperatura de suavizado de los principales polímeros constituyentes de la madera: celulosa 200 °C a 250 °C, hemicelulosas 150 °C a 220 °C y lignina 210 °C (Sandberg y Navi, 2007). No obstante, la madera en tanto que material viscoelástico (Kutnar *et al.*, 2008), durante la etapa de suavizado, el contenido de humedad de la madera, que fue superior al punto de saturación de la fibra, combinado con la temperatura de 93.5 °C, plastificaron

la madera y facilitaron su densificado. Por el contrario, durante el tiempo de secado y la reducción del contenido de humedad a 9.7%, se liberaron los esfuerzos de compresión, manteniendo el coeficiente de compresión constante gracias al dispositivo de densificado. Esta estrategia experimental permitió que la madera se deformara con un deterioro mínimo, lo que posiblemente permitió el fenómeno de densificación acompañado del aumento del módulo de elasticidad proporcionalmente al incremento en la densidad de la madera de *G. americanus* (Laine *et al.*, 2013).

Este resultado se presenta en la figura 1, donde se muestran para los resultados antes y después del densificado, el módulo de elasticidad en función de la densidad, sus regresiones y sus coeficientes de determinación. Antes del densificado, la dependencia del módulo de elasticidad en función de la densidad se explica con un coeficiente de determinación medio y la densidad se reparte en un intervalo de 328 kg m^{-3} a 447 kg m^{-3} . En cambio, después del densificado la relación entre el módulo

de elasticidad y la densidad se incrementa, y registra un fuerte coeficiente de determinación. En cambio, el rango de valores de la densidad se amplía en un intervalo más grande que va desde 604 kg m^{-3} a 890 kg m^{-3} . Cuantitativamente, la ganancia en la densidad de 101.4%, correspondió un incremento en el módulo de elasticidad de 114.7%. De aquí se desprende que la baja intensidad de las variables del tratamiento de densificado higro-termo-mecánico aseguraron, hasta cierto punto, la homogeneidad y la repetitividad en las características de la madera de *G. americanus*.

Conclusiones

El aumento artificial de la densidad de la madera de *G. americanus* incrementa su densidad y su módulo de elasticidad.

Los índices de densificado, elástico y potencial, confirmaron que el tratamiento de densificado higro-termo-mecánico produjo buenos resultados para madera de baja densidad.

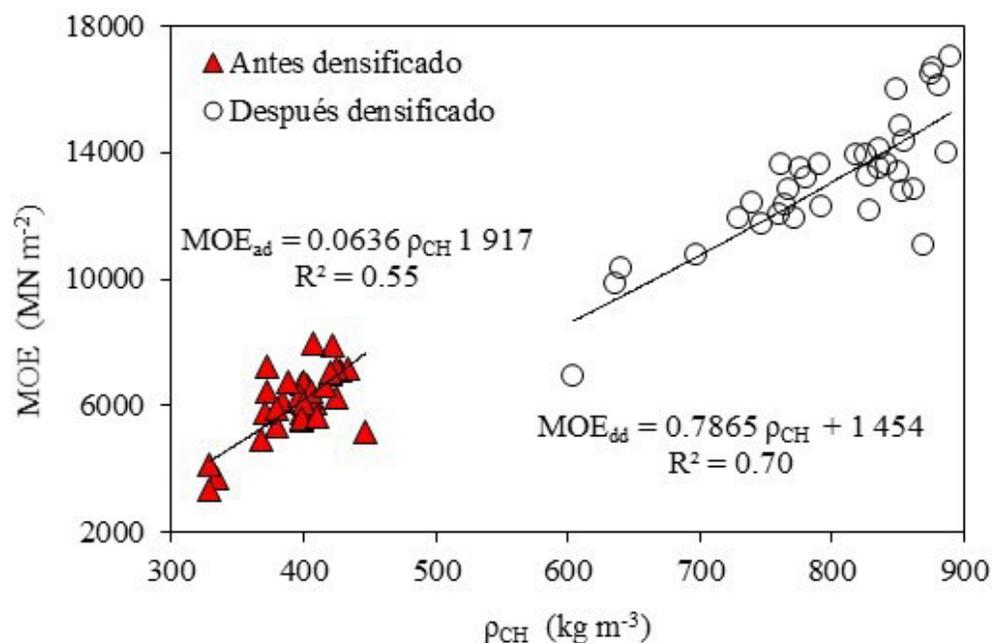


Figura 1. Módulo de elasticidad (MOE) en función de la densidad (ρ_{CH}), sus regresiones y sus coeficientes de determinación (R^2).

Fuente: elaboración propia del autor.

El tratamiento de densificado higro-termo-mecánico puede transformar madera de baja densidad en un nuevo material con un mayor módulo de elasticidad. De esta forma, el densificado puede valorizar especies que por su baja densidad son desfavorecidas para fines de diseño de productos y estructuras de madera.

Se recomienda extender esta línea de investigaciones considerando el efecto del densificado en la composición química de la madera y en su estructura anatómica.

Referencias

- Aimene, Y. E. y Nairn, J. A. (2015). Simulation of transverse wood compression using a large-deformation, hyperelastic-plastic material model. *Wood Science and Technology*, 49(1), 21-39. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-014-0676-6>
- Asaba, M. y Nishimura, H. (2001). Effect of manufacturing conditions on bending strength of compressed wood. *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part A*, 67(654), 267-272. DOI: <https://doi.org/10.1299/kikaia.67.267>
- Ashby, M. F. (2005). *Materials selection in mechanical design*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Blomberg, J., Persson, B. y Blomberg, A. (2005). Effects of semi-isostatic densification of wood on the variation in strength properties with density. *Wood Science and Technology*, 39(5), 339-350. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-005-0290-8>
- Cordero, J. y Boshier, D. H. (2003). *Árboles de Centroamérica*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Dinwoodie, M. (2002). *Timber: its nature and behavior*. Nueva York: CRC Press.
- Eckelman, C. A. (1993). Potential uses of laminated veneer lumber in furniture. *Forest Products Journal*, 43(4), 19-24. Recuperado de <https://www.agriculture.purdue.edu/fnr/faculty/eckelman/documents/d199304b.pdf>
- Erdil, Y. Z., Kasal, A., Zhang, J. L., Efe, H. y Dizel, T. (2009). Comparison of mechanical properties of solid wood and laminated veneer lumber fabricated from Turkish beech. *Forest Products Journal*, 59(6), 55-60.
- Fang, C. H., Cloutier, A., Blanchet, P., Koubaa, A. y Mariotti, N. (2011). Densification of wood veneers combined with oil-heat treatment. Part I: Dimensional stability. *BioResources*, 6(1), 373-385. Recuperado de http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_06_1_0373_Fang_CBK_M_Densification_Wood_Veneers_Oil_Heat/818
- Fang, C. H., Cloutier, A., Blanchet, P. y Koubaa, A. (2012a). Densification of wood veneers combined with oil heat treatment. Part II: hygroscopicity and mechanical properties. *BioResources*, 7(1), 925-935. Recuperado de http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_07_1_0925_Rang_CBK_Densification_Wood_Veneers_Oil_Heat/1363
- Fang, C. H., Mariotti, N., Cloutier, A., Koubaa, A. y Blanchet, P. (2012b). Densification of wood veneers by compression combined with heat and steam. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70(1), 155-163. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-011-0524-4>
- Gao, Z., Huang, R., Lu, J., Chen, Z., Guo, F. y Zhan, T. (2016). Sandwich compression of wood: control of creating density gradient on lumber thickness and properties of compressed wood. *Wood Science and Technology*, 50(4), 833-844. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-016-0824-2>
- Gutiérrez P., H. y de la Vara S., R. (2011). *Análisis y diseño de experimentos*. México: McGraw Hill.
- Haller, P. y Wehsener, J. (2004). Mechanical properties of densified spruce. *Holz Als Roh-Und Werkstoff*, 62(6), 452-454. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-0040516-8>
- Hayashi, S. y Nishimura, H. (2001). Study on static & dynamic bending strength of compressed lumber and the utilization for reinforcement. *Transactions of the Japan Society of Mechanical*

- Engineers, Part A.* 67(656), 757-762. DOI: <https://doi.org/10.1299/kikaia.67.757>
- Hayashi, T. y Oshiumi, S. (1993). Bending strength distribution of laminated veneer lumber for structural use. *Mokuzai Gakkaishi*, 39(9), 985-992.
- Hill, C. A. S. (2006). *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. Hoboken: Wiley. DOI: <https://doi.org/10.1002/0470021748>
- International Organization for Standardization (2012). *ISO 3129:2012. Wood. Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests*. Bruselas: International Organization for Standardization.
- International Organization for Standardization (2014). *ISO 13061-1:2014. Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests*. Bruselas: International Organization for Standardization.
- Kamke, F. A. (2006). Densified radiata pine for structural composites. *Maderas: Ciencia y Tecnología*, 8(2), 83-92. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0718221X2006000200002>
- Khalil, H. P. S., Dungani, R., Issam, A. M., Hosain Md. S., SriAprilia N. A., Budiarmo A. y Rosamah E. (2014). Determination of the Combined Effect of Chemical Modification and Compression of Agatis Wood on the Dimensional Stability, Termite Resistance, and Morphological Structure. *Bioresources*, 9(4), 6614-6626. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.9.4.6614-6626>
- Koman, S., Feher, S., Abraham, J. y Taschner, R. (2013). Effect of knots on the bending strength and the modulus of elasticity of wood. *Wood Research*, 58(4), 617-626. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/289961696_Effect_of_knots_on_the_bending_strength_and_the_modulus_of_elasticity_of_wood
- Kubojima, Y., Ohtani, T. y Yoshihara, H. (2004). Effect of shear deflection on bending properties of compressed wood. *Wood and Fiber Science*, 36(2), 210-215. Recuperado de <https://wfs.swst.org/index.php/wfs/article/view/1316/1316>
- Kutnar, A., Kamke, F. A. y Sernek, M. (2008). The mechanical properties of densified VTC wood relevant for structural composites. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 66(6), 439-446. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-008-0259-z>
- Laine, K., Belt, T., Rautkari, L., Ramsay, J., Hill, C. A. S. y Hughes M. (2013). Measuring the thickness swelling and set-recovery of densified and thermally modified Scots pine solid wood. *Journal of Materials Science*, 48(24), 8530-8538. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10853-013-7671-4>
- Navi, P. y Pizzi, A. (2015). Property changes in thermo-hydro-mechanical processing. *Holzforchung*, 69(7), 863-873. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2014-0198>
- Navi, P. y Girardet, F. (2000). Effects of thermo-hydro-mechanical treatment on the structure and properties of wood. *Holzforchung*, 54(3), 287-293. DOI: <https://doi.org/10.1515/HF.2000.048>
- Niklas, K. J. y Spatz, H. C. (2010). Worldwide correlations of mechanical properties and green wood density. *American Journal of Botany*, 97(10), 1587-1594. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1000150>
- Ozarska, B. (1999). A review of the utilization of hardwoods for LVL. *Wood Science and Technology*, 33(4), 341-351. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002260050120>
- Rivera, J. E. (2006). Notas sobre Hernandiaceae: primer registro de *Gyrocarpus americanus* Jacq. para México y de *Sparattanthelium amazonum* Mart. para Oaxaca. *Acta Botánica Mexicana*, 78, 67-76. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm78.2007.1030>
- Sandberg, D. y Navi, P. (2007). *Introduction to Thermo-hydro-mechanical (THM) Wood Processing*. Växjö: Växjö University.

- Skyba, O., Schwarze, F. y Niemz, P. (2009). Physical and Mechanical Properties of Thermo-Hygro-Mechanically (THM)-Densified Wood. *Wood Research*, 54(2), 1-18. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/289633986_Physical_and_mechanical_properties_of_Thermo-hygro-mechanically_THM_-_Densified_wood
- Sotomayor C., J. R. (2015). *Banco FITECMA de características físicomecánicas de maderas mexicanas*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Javier_Ramon_Sotomayor_Castellanos2/publication/276841418_Banco_FITECMA_de_caracteristicas_fisicomecanicas_de_maderas_Mexicanas/links/555a2dc408aeaaff3bfabb2c/BancoFITECMA-de-caracteristicas-fisico-mecanicas-de-maderas-Mexicanas.pdf
- Sotomayor, J. R. (2016). Efecto del densificado de la madera de *Gyrocarpus americanus* Jacq. en su módulo dinámico determinado por ondas de esfuerzo. *Ciencia amazónica (Iquitos)*, 6(2), 162-171. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v6i2.117>
- Sotomayor, J. R. (2017). Densificado higro-termo-mecánico de madera de *Gyrocarpus americanus*. Evaluación por ultrasonido. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 43(2), 156-164. Recuperado de https://www.academia.edu/34403140/Densificado_higro-termomec%C3%A1nico_de_madera_de_Gyrocarpus_americanus._Evaluaci%C3%B3n_por_ultrasonido
- Sotomayor, J. R. y Villaseñor A, J. M. (2016). Coeficientes de higroelasticidad en flexión estática de la madera de *Pinus douglasiana* procedente de Michoacán. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 12(1), 36-51. Recuperado de https://www.academia.edu/24919116/Coeficientes_de_higroelasticidad_en_flexi%C3%B3n_est%C3%A1tica_de_la_madera_de_Pinus_douglasiana_procedente_de_Michoac%C3%A1n
- Sotomayor, J. R. y Ramírez P., M. (2014). Características físicas de 12 maderas mexicanas. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 10(1), 4-35. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269095842_Caracteristicas_fisicas_de_12_maderas_mexicanas
- Sotomayor, J. R., Reyes R., L. A., Rincón G., E. U. y Suárez B., G. (2013). Módulos de elasticidad dinámicos e indicadores de calidad de cinco maderas mexicanas estudiadas por métodos no destructivos. *Investigación e Ingeniería de la Madera*, 9(1), 3-20. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/261064731_Investigacion_e_Ingenieria_de_la_Madera_2013_Vol_9_No_1
- Sotomayor, J. R., Ramírez P., M. y Olguín C., J. B. (2014). Caracterización en flexión estática de madera plastificada de *Quercus scytophylla*. *Ciencia Nicolaíta*, 62,17-33. Recuperado de <https://www.cic.cn.umich.mx/index.php/cn/article/view/192>
- Tang, X., Nakao T. y Zhao, G. (2004). Physical properties of compressed wood fixed via different heating pathways to obtain a constant recovery. *Mokuzai Gakkaishi*, 50(5), 333-340.
- Ulker, O., Imirzi, O. y Burdurlu, E. (2012). The Effect of Densification Temperature on Some Physical and Mechanical Properties of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.). *BioResources*, 7(4), 5581-5592. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.7.4.5581-5592>
- Yoshihara, H. y Tsunematsu, S. (2007). Bending and shear properties of compressed Sitka spruce. *Wood Science and Technology*, 41(2), 117-131. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00226-006-0091-8>





Estereotipos científicos: percepción del alumnado de un centro de adultos de Granada (España)

Science stereotypes: perception of the students of an adult center in Granada (Spain)

Estereótipos científicos: percepção dos alunos de um Centro para Adultos em Granada (Espanha)

Cayetana Serna-Rosell¹

José Miguel Vílchez-González²

Recibido: diciembre de 2017

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Serna-Rosell, C., y Vílchez-González, J. M. (2018). Estereotipos científicos: percepción del alumnado de un Centro de Adultos de Granada (España). *Revista Científica*, 32(2), 169-182. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12799>

Resumen

Numerosas investigaciones han demostrado que la percepción social de la ciencia está impregnada de visiones ingenuas y estereotipos transmitidos por la sociedad. Pese a que existen numerosos trabajos sobre este campo, la mayoría de estudios que respaldan la existencia de estereotipos científicos se han hecho en niños y adolescentes y en su mayoría fueron realizados en otros países. Este trabajo pretende reflejar cuál es la imagen de científico en un grupo de personas adultas residentes en Granada, España, a través del análisis de 88 dibujos utilizando la estrategia "Draw a scientist test" (DAST). Como novedad, se incluye un estudio piloto con el objetivo de comprobar si es posible cambiar este estereotipo científico mediante uso de fotografías. Los resultados evidencian una imagen estereotipada de comunidad científica, que se muestra de forma similar en personas de diferentes edades, sexo, procedencia o nivel intelectual. Además, esta imagen es resistente al cambio.

Palabras clave: estereotipos científicos, naturaleza de la ciencia, percepción social de la ciencia, test dibuja un científico.

Abstract

Numerous studies have shown that social perception of Science is infused with naive visions and society transmitted stereotypes. Despite the large amount of research existing on this field, most of the studies that support the existence of Science stereotypes were carried out on children and youngsters and the majority of same took place in other countries. The present work aims to reflect the social perception of Science within a group of adult people residing in Granada, Spain, and this through the analysis of 88 drawings using the "Draw a scientist test" method. As a novelty, this work includes a pilot study with the purpose to get to know if it would be possible to change this Science stereotypic perception by using pictures. The results show a certain stereotyped image of the scientist, which is similarly shown in

¹. Universidad de Granada. Granada, España. caserro17@correo.ugr.es

². Universidad de Granada. Granada, España. jmvilchez@ugr.es

people of different ages, sex, origin or intellectual level. In addition, this image is resistant to change.

Keywords: draw-a-scientist test, nature of science social, perception of science, stereotypic images of scientists.

Resumo

Numerosas investigações têm mostrado que a percepção social da ciência está impregnada de visões ingênuas e estereótipos transmitidos pela sociedade. Embora já existam inúmeros trabalhos sobre este campo, a maioria de estudos que apoiam a existência de estereótipos científicos foram realizados em crianças e adolescentes e na sua maioria foram levados a cabo em outros países. Este trabalho pretende refletir qual é a imagem de cientista num grupo de pessoas adultas residentes em Granada, Espanha, através da análise de 88 desenhos utilizando a estratégia "Draw a scientist test". Como novidade, inclui-se um estudo-piloto com o objetivo de comprovar se é possível mudar este estereótipo científico mediante o uso de fotografias. Os resultados evidenciam uma imagem estereotipada da comunidade científica que se mostra de forma similar em pessoas de diferentes idades, sexo, procedência ou nível intelectual. Além disso, esta imagem é resistente à mudança.

Palavras-chaves: estereótipos científicos, natureza da ciência, percepção social da ciência, teste desenha um cientista.

Introducción

La influencia que los mensajes en formato imagen tienen sobre la sociedad actual es innegable, y los medios de comunicación se sirven de ella como principal medio para llegar a las masas. La educación no es ajena a este fenómeno; por eso, algunas investigaciones argumentan a favor del uso de la imagen como una eficaz herramienta para la enseñanza y el aprendizaje escolar (Perales, Vílchez y Sierra, 2004). En Didáctica de las Ciencias la imagen es muy utilizada como recurso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos de ciencia y sobre ciencia. Sin embargo, ¿qué ocurre cuando las imágenes que percibimos no son del todo adecuadas? Este trabajo pretende realizar

un análisis sobre la percepción de la comunidad científica del alumnado de un centro de adultos de Granada (España). Emplea la metodología "Draw-a-scientist-test" (DAST), una sencilla prueba propuesta por Chambers (1983) que consiste en realizar un dibujo de un científico a través del cual se hace aflorar la imagen que de la misma tienen estos alumnos.

Como complemento a la prueba anterior, se ha realizado un estudio piloto para comprobar si es posible modificar los estereotipos científicos a través del uso de imágenes.

Marco teórico

Las evaluaciones comparativas internacionales son uno de los instrumentos más empleados en la actualidad para detectar las fortalezas y debilidades de los sistemas educativos. Por ejemplo: las pruebas del Programme for International Student Assessment (PISA), elaboradas e implementadas en todos los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en las que se evalúa a estudiantes de dichos países con el fin de comprobar el rendimiento académico y orientar a las administraciones educativas en el desarrollo del currículo escolar. En el marco teórico de las últimas pruebas PISA centradas en ciencias y realizadas en 2015, se menciona que la ciencia es algo omnipresente en nuestras vidas que la ciencia no se limita a tubos de ensayo y tablas periódicas, es algo que va más allá, puesto que representa las bases de prácticamente todas las herramientas que usamos. Añaden y que no es solo un campo para los científicos, debido a que todo el mundo necesita ser capaz de pensar como un científico para valorar datos y llegar a conclusiones útiles y para entender que la verdad científica puede ir cambiando con el tiempo conforme se realizan nuevos descubrimientos y los humanos desarrollamos una mayor comprensión de las leyes naturales y de las posibilidades y los límites de la tecnología (OCDE, 2016).

PISA 2015 habla de crear cultura científica y ciudadanos competentes, lo que exige no solo conocer los contenidos de ciencias sino que también requiere comprender cómo se genera y evoluciona el conocimiento científico y el grado de fiabilidad con el que se lleva a cabo. Esto es lo que algunos autores han argumentado a favor de enseñar naturaleza de la ciencia (NDC) (Lederman, 2006).

Cada vez es mayor el acuerdo sobre la inclusión de una enseñanza de la NdC en el currículo de ciencias como “elemento innovador de la alfabetización científica y tecnológica para todas las personas” (Acevedo-Díaz, Vázquez, Manassero y AcevedoRomero, 2007, p. 203). No obstante, tal como apuntan Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia (2002), existen numerosas investigaciones que muestran que la enseñanza de las ciencias a cualquier nivel apenas proporciona ocasión a los estudiantes de familiarizarse con las características de la labor científica, y “como consecuencia de ello las concepciones de los estudiantes, e incluso de los mismos profesores, de la naturaleza de la ciencia no difieren de las visiones ingenuas adquiridas por impregnación social” (Fernández *et al.*, 2002, p. 477). Estos autores defienden que uno de los principales obstáculos para la renovación de la enseñanza de las ciencias es, precisamente, la importancia de estas visiones deformadas. Es decir, cualquier intento de representar una imagen de la ciencia, sea cual sea, siempre va a estar limitado o fragmentado (Acevedo *et al.*, 2007). La imagen que de la ciencia y los científicos tiene la sociedad no está, por supuesto, exenta de estas visiones deformadas o ingenuas. Así, tal como sugiere Sanmartí (2002), cualquier persona tiene también su propia visión sobre la ciencia y los científicos, fruto tanto de la enseñanza recibida como de vivir en un contexto social en el que priman concepciones de la ciencia muy estereotipadas.

Son numerosos los estudios realizados durante el último medio siglo sobre la percepción social de la ciencia, y en todos ellos se destaca que

existe una visión muy sesgada de la ciencia y de la labor científica. En muchas ocasiones se percibe como individualista y elitista, objetiva, neutra, infalible, ahistórica, etc., tal y como indican Fernández *et al.* (2002) en su revisión sobre las visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza.

La ciencia, en general, se concibe como “la verdad”, que en muchas ocasiones es peligrosa, y el científico como alguien importante que realiza una labor significativa. Durante las décadas de los 30 y los 40 del siglo pasado, los científicos que aparecían en televisión eran hombres blancos, de edad avanzada, que estaban locos o eran malvados. Poco a poco esta imagen fue cambiando, mostrando una élite de hombres y mujeres, principalmente de raza blanca, obsesionados con su trabajo, mayores, sin familia y, en muchas, ocasiones peligrosos y dirigidos por el fracaso (Schibeci, 1986; Whitle, 1997).

También es frecuente que se presenten como hombres calvos o de pelo cano, con gafas de mucho aumento, despistados y con el único propósito en su vida que el de aportar los resultados de su trabajo a ese campo de conocimientos acumulados que forman la ciencia. La ciencia se asemeja, comúnmente, a una especie de química aplicada realizada en el laboratorio (Vázquez y Manassero, 1998).

El primer estudio sobre estas cuestiones fue realizado por Mead y Métraux (1957). En su estudio piloto llamado *Image of the Scientist among High-School Students* indagaron acerca de la percepción que los alumnos de instituto tenían acerca de la ciencia y los científicos, e intentaron describir sistemáticamente esta imagen estereotipada. Los resultados mostraron que los estudiantes, generalmente, definen a los científicos a través de estereotipos, como se muestra en la siguiente declaración de los investigadores:

El científico es un hombre que lleva una bata blanca y trabaja en un laboratorio. Es mayor o de mediana edad y lleva gafas... puede tener barba...

Está rodeado por instrumentos: tubos de ensayo, mecheros Bunsen, frascos y botes...una jungla de instrumentos de vidrio y máquinas extrañas. Escribe cuidadosamente en cuadernos... Un día puede levantarse y gritar: "¡Eureka! ¡Lo he encontrado!"... A través de su trabajo, la gente obtiene nuevos y mejores productos... su trabajo puede ser peligroso... Siempre está leyendo. (Mead y Métraux, 1957, citado por Chambers, 1983, p. 256).

En un estudio posterior realizado por Chambers (1983), en el que analizó 4807 dibujos realizados por niños y adolescentes, categorizó una serie de elementos comunes que se repetían y que respondían a la descripción estereotipada del científico. Estudios posteriores, centrados en el análisis de elementos culturales como la literatura, cine, televisión o publicidad y su posible influencia sobre la imagen estereotipada de los científicos y de la ciencia, arrojaron como resultado "la existencia de estereotipos científicos en los elementos analizados" (Vázquez y Manasseiro, 1998, p. 4).

Puesto que la mayoría de estudios y revisiones acerca de la percepción de la imagen de los científicos llevados a cabo en los últimos años se han centrado en niños y adolescentes (Kahle, 1989; Barman, 1997; Sjøberg, 2000; Finson, 2002), nos planteamos como objetivo de este trabajo examinar los estereotipos de científicos en personas adultas y comprobar si difieren de los resultados de estudios anteriores, ya que, como parece suceder, estas percepciones están arraigadas socialmente y constituyen uno de los obstáculos que dificultan el aprendizaje de la ciencia (Sanmartí, 2002). Con la finalidad de responder a este objetivo se analizan las imágenes de científicos dibujadas por un grupo de alumnos de un centro de adultos de Granada (España) para intentar encontrar respuesta a las siguientes cuestiones:

1. ¿Qué imagen de la comunidad científica tiene el alumnado de un centro de adultos de Granada?

2. ¿Es posible cambiar la percepción del estereotipo científico a través de una intervención basada en el uso de imágenes no estereotipadas?

Metodología

Para responder a los interrogantes de investigación se ha procedido, en primer lugar, a identificar la imagen de científico del alumnado a través de la aplicación del DAST; en segundo lugar, se pretendió provocar un conflicto cognitivo a través del uso de imágenes no estereotipadas de científicos (pretest). Finalmente se presentaron nuevas imágenes (postest) para comprobar si las ideas previas habían sufrido algún cambio tras la intervención.

Participantes y contexto

La población objeto de estudio es el alumnado de un centro de educación permanente de Granada (España), de nivel socioeconómico medio. En total han participado 88 estudiantes de diferentes edades, entre 18 y 85; nacionalidades, 74 españoles y 12 extranjeros; sexo, 28 hombres y 58 mujeres; y niveles educativos, sin estudios hasta titulados universitarios). Podría decirse, pues, que se ha contado con una muestra heterogénea y representativa de la sociedad (figura 1).

Por su parte, para el estudio piloto acerca de si es posible cambiar la percepción del estereotipo científico a través del uso de imágenes de científicos se seleccionaron, por su capacidad de argumentación, dos de los grupos-clase (G1 y G2, en adelante), con un total de 26 estudiantes. En el grupo G1 el número de participantes fue de 14 en la primera sesión y 10 en la segunda; en el G2, 12 en la primera y 16 en la segunda.

Instrumentos

Para la primera parte de la actividad (DAST) se pidió al alumnado que realizaran un dibujo de personas que dedican su actividad profesional a

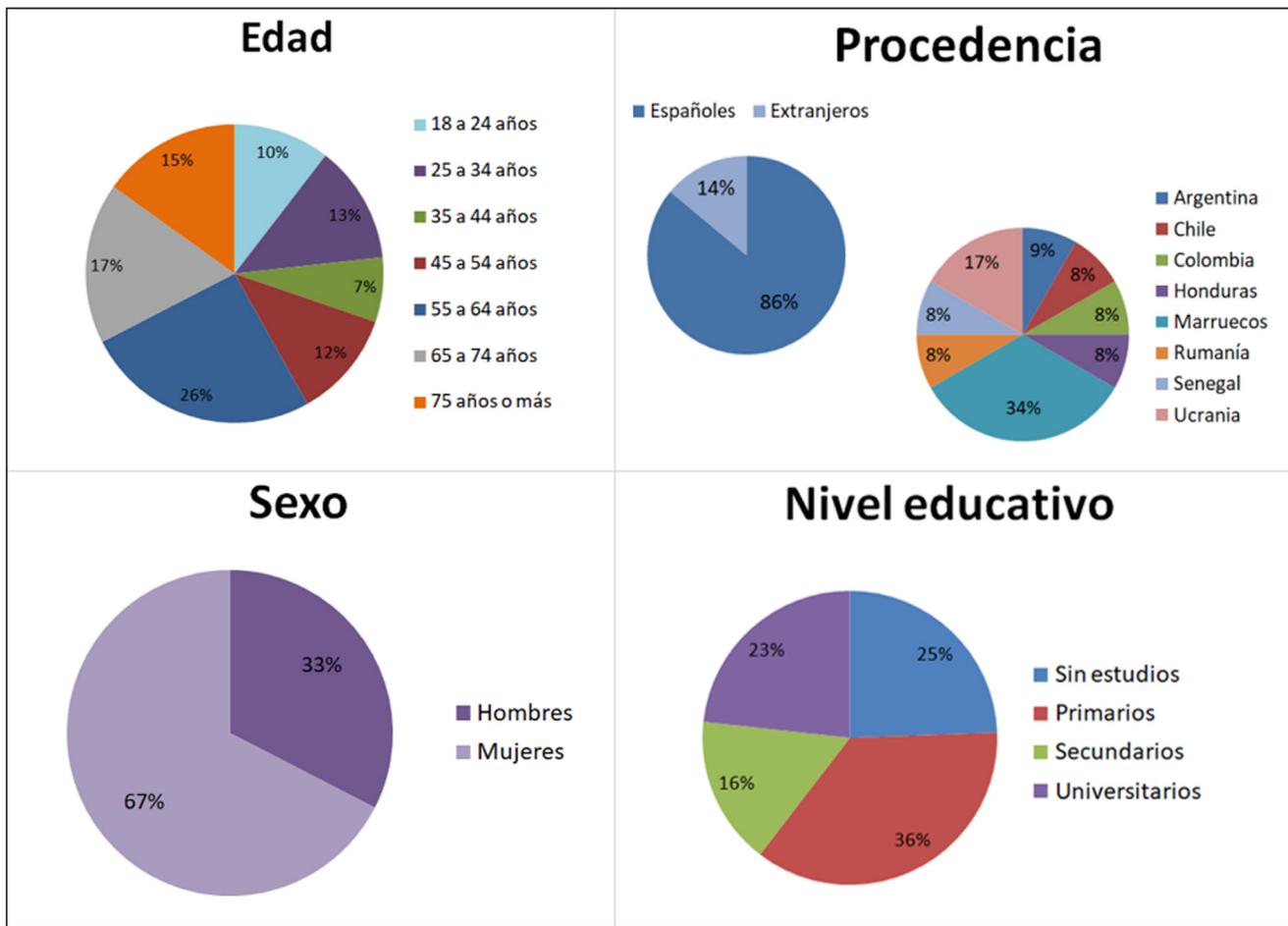


Figura 1. Distribución del alumnado por edad, procedencia, sexo y nivel.

Fuente: elaboración propia del autor.

la ciencia, y argumentaran por qué lo habían dibujado de ese modo. A fin de obtener datos contextuales se recogieron datos sobre la edad, sexo, nacionalidad y nivel de estudios.

Otra cuestión que se quería estudiar es si los medios de comunicación habían influido en su visión sobre la ciencia, y para ello se añadió a la plantilla proporcionada una serie de ítems en relación a si solían consultar noticias sobre ciencia y, en caso afirmativo, cuál era su principal fuente de consulta.

En la segunda parte de la actividad, tanto en el pretest como en el postest, se mostró a los participantes una serie de parejas de imágenes de personas, una de ellas científica y la otra no, y se les

pidió que identificaran al científico o científica en cada par. En ambos momentos el alumnado debía explicar los motivos de sus elecciones. Al final del cuestionario del postest se incluyó la pregunta “¿qué has aprendido a través de esta actividad?”, a fin de comprobar si había habido algún cambio en la percepción de los estudiantes con respecto al pretest.

Procedimiento

Todo el proceso se desarrolló sin previo aviso a los alumnos para que el resultado no se viera influenciado por una posible preparación previa. El procedimiento seguido fue el siguiente:

Primera parte: dibuja a un científico (DAST)

Para identificar la percepción del alumnado acerca de la comunidad científica se pidió a los estudiantes que realizaran un dibujo que representara a la gente que trabaja en ciencia y explicaran con detalle por qué habían realizado así sus dibujos. Para la realización de la actividad se les dio treinta minutos y advirtiéndoles que no podían consultar ninguna imagen en sus dispositivos móviles. Los dibujos realizados por los alumnos fueron registrados con números consecutivos, según se iban recogiendo para su posterior localización.

Segunda parte: estereotipos científicos a través de imágenes. Estudio piloto

El estudio piloto, segunda parte de la actividad, se llevó a cabo en dos fases. En la primera (pretest), se mostró a los dos grupos de estudiantes seleccionados una serie de quince pares de imágenes, y se les pidió que identificaran en cada par al científico o científica. El procedimiento seguido fue el siguiente:

1. Se le explicó al grupo que se les iba a mostrar quince pares de imágenes, en donde aparecían dos personas identificadas como A y B. En cada par había una persona que era científica y otra que no lo era. A continuación, se les pasó una plantilla en la que debían seleccionar, para cada par de imágenes, la persona que, a su juicio, era científica.
2. Repartidas las plantillas, se mostró cada par de fotos durante el tiempo suficiente para que pudiesen fijarse en aquellos detalles de las imágenes que motivaron su elección (indumentaria, rasgos faciales, entorno, etc.).
3. Comenzó una fase de discusión en grupo. Se volvieron a mostrar los pares de imágenes y se pidió a los alumnos que justificaran su elección, dejando que discutieran entre sí los motivos sin desvelarse si habían acertado o no. La discusión de grupo fue grabada en audio y parcialmente transcrita.

4. Terminada la discusión, se mostraron de nuevo las imágenes, para descubrir, ahora sí, quién era el científico o científica en cada par, y aportar algunos datos sobre sus trabajos.

Tras dejar pasar unos días (14 días para G1 y 16 para G2), tuvo lugar la segunda fase del estudio piloto (postest), en la que se mostró a los dos grupos de estudiantes otra serie de quince pares de imágenes para que identificasen, en cada par, la del científico o científica, pero en esta ocasión también se les pidió la razón de su elección. En esta ocasión tardaron más, en general, en rellenar el cuestionario y aunque aquí no se abrió debate, se empleó el mismo tiempo que para el *pretest*, 45 minutos con cada uno de los grupos.

Tanto para el *pretest* como para el *postest*, la búsqueda de imágenes se hizo a través de la sección "Imágenes" del buscador Google, mediante los siguientes términos de búsqueda: "estereotipo científico", "mujeres y ciencia" y "científicos importantes actuales". Para las personas no científicas se introdujeron los términos: "modelos que hacen de científicos", "personas con bata de laboratorio" y "mujeres escritoras".

La selección de imágenes se hizo respondiendo a cuatro categorías:

1. Imágenes de científicos que se acercan al estereotipo científico, hombres mayores o de mediana edad, calvos o despeinados, personas con bata de laboratorio, junto a instrumentos de vidrio o pizarras con fórmulas, etc.
2. Imágenes no estereotipadas de científicos, sin bata de laboratorio, sin gafas, sonrientes, personas negras, jóvenes, mujeres, etc.
3. Imágenes de personas que, sin ser científicas, se acercan al estereotipo científico, personas con pinta de "científico loco", serias, con gafas, etc.
4. Imágenes de personas no científicas que no responden a la imagen de estereotipo científico, sin batas ni ropa de trabajo relacionada con la ciencia, sin objetos relacionados con ciencia, mujeres jóvenes, etc.

Para cada categoría se seleccionaron 15 imágenes y después se combinaron buscando parejas que condujesen al observador a posible engaño (figura 2).

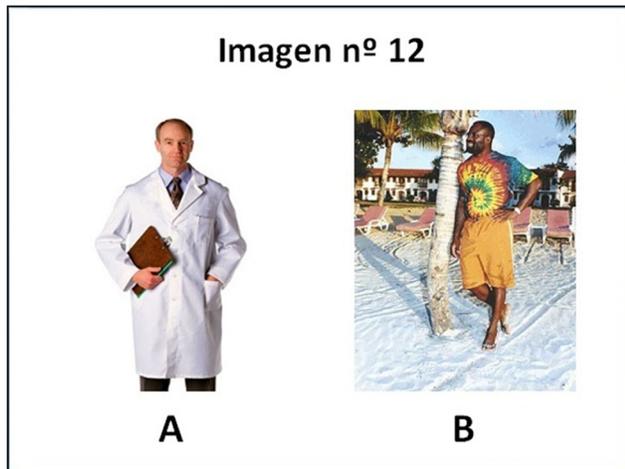


Figura 2. Ejemplo de imagen estereotipada y no estereotipada de científico, A es un actor y B, el científico nigeriano Philip Emeagwali.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Discusión de resultados

Primera parte: dibuja a un científico (DAST)

Del total de dibujos realizados por el alumnado (88), dos fueron desechados por no responder a lo que se pedía (en uno de ellos se representaba un pupitre y en el otro un cuadro de “La Mona Lisa”). Se han tenido en cuenta, pues, los 86 dibujos restantes.

Para el análisis de dibujos se han tomado como referencia los indicadores empleados en estudios anteriormente hechos por varios autores (Chambers, 1983; Vázquez y Manassero, 1998) y se han modificado para contar con más indicadores de imagen estereotipada del científico. Finalmente se han tenido en cuenta los siguientes:

1. Persona solitaria.
2. Hombre mayor o de mediana edad.
3. Bata de laboratorio (no necesariamente blanca).
4. Con gafas.

5. Calvo o despeinado.
6. Con pelo facial.
7. Rodeado de objetos o símbolos de investigación (material de vidrio, microscopios, libros, símbolo del átomo, etc.).

Al igual que ocurrió en estudios anteriores (Vázquez y Manassero, 1998; Ruiz-Mallén y Escalas, 2012) el análisis de los dibujos revela que la gran mayoría representan a una sola persona (73 casos, el 84.9%), mientras que el resto contienen a más de una (ocho casos) o no incluyen a ninguna (cinco casos). En los que se representa a más de una, la casi totalidad representan dos (seis casos) y solo unos pocos dibujan a cuatro (un caso) o seis (un caso). El hecho de representar a una sola persona se puede interpretar como indicador de una visión individualista y elitista de la ciencia (Fernández *et al.*, 2002).

En cuanto al sexo de las personas dibujadas, la mayoría de alumnos representan a hombres (64 casos, frente a los seis de mujeres), aunque aparecen algunos casos en los que el sexo es indefinido (seis casos) o aparecen ambos sexos en el mismo dibujo (cinco casos). Los dibujos en los que aparecen mujeres científicas, ya sea solas o junto a un hombre, han sido hechos en su mayoría por mujeres. Solo hay dos casos de mujeres científicas dibujadas por un hombre.

Respecto a la edad del científico, predominan los dibujos que representan a personas mayores o de mediana edad frente a los que representan jóvenes (48 casos frente a ocho), lo cual se corresponde con el estereotipo más general de la ciencia (Jiménez y Álvarez, 1992, citado por Vázquez y Manassero, 1998). En los 25 casos restantes no se disponía de suficientes datos para identificar la edad del científico dibujado.

En lo que respecta a la indumentaria, abundan los dibujos en los que los científicos visten una bata de laboratorio, por lo que este indicador sigue siendo mayoritario. La presencia de gafas está también bastante extendida aunque no es mayoritaria, ya que solo aparecen en un 40% de los dibujos (32 casos).

Otros elementos indicadores de la imagen estandarizada de científico son la presencia de pelo facial y el hecho de que el científico suele representarse como una persona calva o despeinada. Solo en 22 casos el científico ha sido representado con pelo facial, predominando la barba (13 casos) sobre el bigote (seis casos), o ambos (tres casos), lo que supone que un 70% del alumnado ha representado imágenes de científicos sin pelo facial. Esto coincide con los resultados de Vázquez y Manassero (1998), pues “la presencia de pelo facial, en cualquiera de sus formas, no es ni siquiera mayoritaria entre los dibujos que representan hombres, de modo que el estereotipo de la barba, dominante en los estudios iniciales, parece un poco relegado actualmente” (p.20). En cuanto al segundo de estos indicadores (persona calva o despeinada), coincidiendo con los resultados de estudios anteriores (Boylan, Hill, Wallace y Wheeler, 1992), el 79% de los dibujos representan a científicos calvos (19 casos) o despeinados (45 casos), indicativo de que este elemento

sigue estando bastante arraigado en el estereotipo científico de los estudiantes.

A modo de resumen, la figura 3 muestra los elementos que aparecen con mayor frecuencia en los dibujos realizados, que corresponden a la imagen estandarizada de científico.

El último de los indicadores analizados hace referencia a la presencia en los dibujos de objetos relacionados con la ciencia. En 75 dibujos (87.2%) el científico aparece rodeado de algún tipo de objeto científico, muchas veces más de uno (tabla 1). Cuando en un mismo dibujo aparece más de un objeto de la misma clase, como suele pasar con el material de vidrio, se ha contabilizado como un solo objeto. Se han identificado un total de 110 objetos científicos. Entre estos, los que aparecen con mayor frecuencia son material de vidrio (39 casos), libros (ocho casos), y planetas/Sol (ocho casos). Los aparatos de observación, como microscopios y telescopios, aparecen en menor medida (cuatro y un casos, respectivamente). También aparecen algunos objetos científicos como un acelerador de partículas (contado como tecnología) o

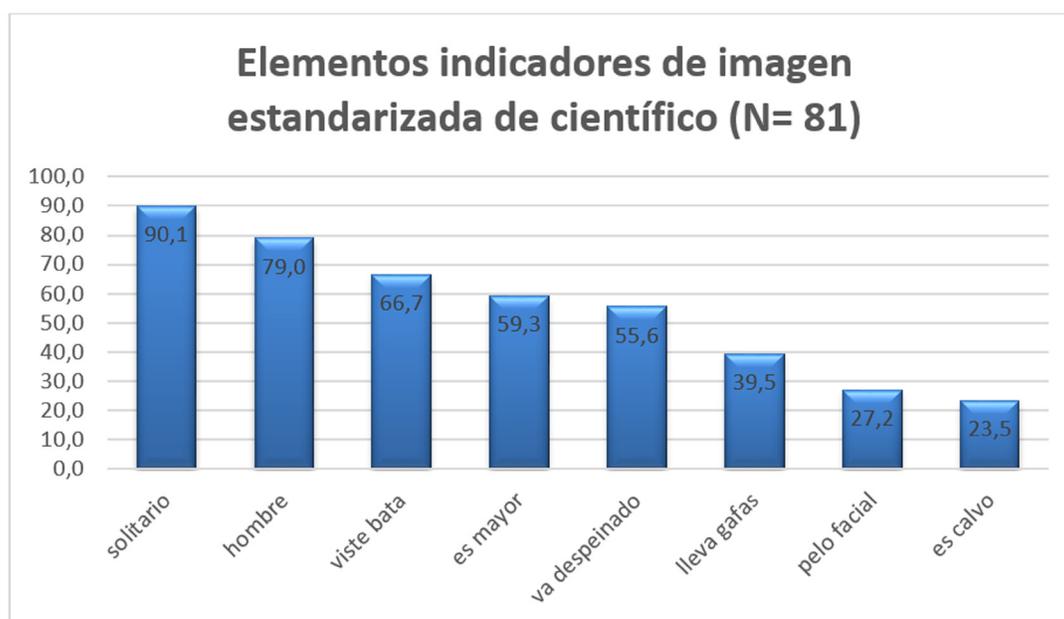


Figura 3. Porcentaje de los elementos del científico representados en los dibujos, n=81.

Fuente: elaboración propia del autor.

unas placas solares. Solo en 11 casos (12.8%) el científico dibujado no aparece junto a ningún tipo de objeto.

Para los objetos más frecuentes, las mujeres dibujan más material de vidrio y libros, mientras que los hombres dibujan más material de vidrio, planetas/Sol y átomos.

Otra cuestión a destacar, en algunos dibujos se han representado a uno o más personajes famosos, con mayor representación masculina que femenina (18 frente a cinco casos). Entre los hombres encontramos alusiones a Einstein (siete casos), Stephen Hawking, Nikola Tesla, Neil Armstrong y Galileo Galilei (dos casos de cada uno) o Isaac Newton, Pedro Duque e Ibn Sina (un caso cada uno); entre las científicas, solo Marie Curie aparece representada en dos ocasiones. Algunos alumnos también

han representado a personajes de ficción de series de televisión y cómics, lo que, sumado a que en sus explicaciones muchos hacen referencia a lo que han visto en series de televisión o noticias, apoyan lo que algunos autores ya escribieron acerca de la influencia de los medios de comunicación a la hora de conformar y mantener las ideas preconcebidas sobre ciencias (Vílchez-González y Perales-Palacios, 2006).

El DAST como metodología de análisis puede no aportar suficientes datos por sí misma, y por ello se les pidió que además de realizar el dibujo explicasen por qué lo habían realizado así. En la mayoría de los casos no han respondido adecuadamente a esta petición, por lo que no es posible conocer más detalles que los que aportan los propios dibujos. En los que sí lo han hecho, las

Tabla 1. Objetos científicos identificados en los dibujos (N= 110).

Objeto científico	Casos	Total (%)	Dibujados por hombres		Dibujados por mujeres	
			Casos	%	Casos	%
Material vidrio	39	35,5	8	7,3	31	28,2
Libros (incluye notas)	8	7,3	2	1,8	6	5,5
Planetas/Sol	8	7,3	5	4,5	3	2,7
Ordenador	7	6,4	2	1,8	5	4,5
Átomo	6	5,5	4	3,6	2	1,8
Bombilla	6	5,5	1	0,9	5	4,5
Nave espacial	5	4,5	2	1,8	3	2,7
Tecnología	5	4,5	2	1,8	3	2,7
Microscopio	4	3,6	2	1,8	2	1,8
ADN	4	3,6	1	0,9	3	2,7
Hospital	3	2,7	1	0,9	2	1,8
Pizarra	3	2,7	0	0,0	3	2,7
Animales	3	2,7	1	0,9	2	1,8
Placa solar	2	1,8	1	0,9	1	0,9
Telescopio	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Tabla periódica	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Bomba	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Polea	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Pieza de nave	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Lupa	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Célula	1	0,9	0	0,0	1	0,9
Total objetos	110	100,0	32	29,1	78	70,9

Fuente: elaboración propia de los autores.

respuestas, aunque muy escuetas, pueden servir para agrupar a los científicos, según sus explicaciones, como persona que:

1. Inventa o fabrica algo, fórmulas, bomba, pesticidas, piezas para naves espaciales o aparatos de radio, etc.
2. Investiga la cura de enfermedades, cáncer, alzhéimer.
3. Relaciona con cosas que ha visto en la televisión.
4. Descubre cosas (gravedad, relatividad, planetas).

Segunda parte: estereotipos científicos a través de imágenes. Estudio piloto

Para el análisis de las respuestas obtenidas en el estudio piloto se han registrado los aciertos y fallos, por grupos. Las frecuencias de aciertos de ambos grupos en el pretest y el postest se presentan en la figura 4.

Aunque podría esperarse que el número de aciertos de los alumnos aumentara tras la intervención, ocurre lo contrario. En ambos grupos el porcentaje de aciertos disminuye de forma sustancial, por lo que ahora la cuestión que se plantea es cuáles pueden ser los motivos de que esto ocurra.

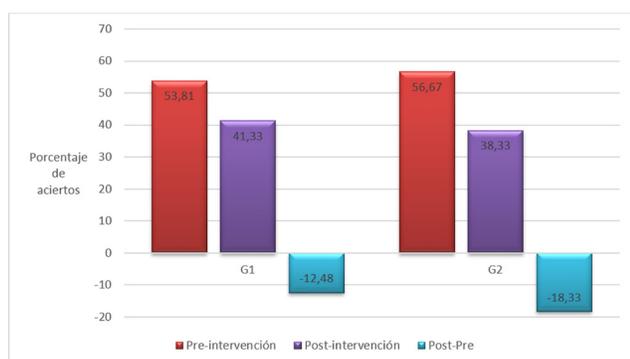


Figura 4. Porcentaje de aciertos en pretest y postest.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Por su parte, los datos aportados por el alumnado acerca de sus hábitos de consulta de medios de comunicación (figura 5) revelan que algo más

de la mitad, el 54.7 % (47 casos), declara que suele consultar noticias relacionadas con la ciencia, utilizando mayoritariamente la televisión (39.5%) como primera fuente de consulta, seguida por Internet (27.9%), prensa (19.8%) y radio (18.8 %). Estas podrían ser, pues, las fuentes que participan en la difusión de las imágenes estereotipadas de la comunidad científica.

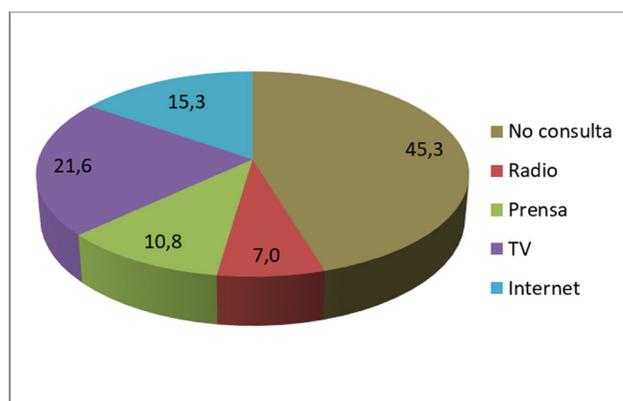


Figura 5. Porcentaje de alumnado que consulta noticias sobre ciencia, y fuentes de consulta.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Razones expuestas por los alumnos

En la tabla 2 se recogen los motivos de elección expuestos por los alumnos en el pretest y en el postest.

La percepción del alumnado antes y después de la intervención es muy similar. En ambos casos la mayoría de alumnos basan su elección en, principalmente, el estereotipo científico (elección de hombre frente a mujer, viejo frente a joven, con bata de laboratorio u pizarras con fórmulas frente a personas que no aparecían con esta indumentaria u objetos, etc.).

Aunque los motivos de elección son prácticamente iguales antes y después, en el postest aparece un nuevo motivo que llama la atención por alejarse del estereotipo científico. Un alumno manifiesta haber elegido al científico porque su expresión “manifiesta incertidumbre”, hecho que combate la visión rígida e infalible de la ciencia

Tabla 2. Motivos que dan los alumnos en su selección de científicos.

Razones pretest	Razones postest
Aspecto desaliñado/ "científico loco"	Aspecto desaliñado/ "científico loco"
Gafas: vista cansada de estudiar, leer...	Gafas: vista cansada de estudiar, leer...
Pelo calvo o despeinado	Pelo calvo o despeinado
Pelo facial	Pelo facial
Indumentaria (sobre todo si lleva bata)	Indumentaria (sobre todo si lleva bata)
Edad	Edad
Sexo	Sexo
Raza, color de piel	Raza, color de piel
No sonrío: parece serio, enfadado o infeliz	No sonrío: parece serio, enfadado o infeliz
Expresión: inteligente ambicioso, seguro	Expresión: inteligente ambicioso, seguro
Ordenado/desordenado	Aparece con libros o cuadernos
Aparece con libros o cuadernos	Pizarra con fórmulas
Pizarra con fórmulas	Lugar donde se encuentra
Lugar donde se encuentra	Comportamiento: observa detalles
Comportamiento	Manifiesta incertidumbre
	No lo sé

Fuente: elaboración propia de los autores.

(Fernández *et al.*, 2002) al ver al científico como una persona que tiene dudas, que reformula, y no una persona fría y cuadrada, como muchas veces se piensa.

También llama la atención que, si bien es cierto que los resultados obtenidos en el postest muestran que los alumnos siguen fallando a la hora de seleccionar la imagen del científico, incluso más que en el pretest, aparecen indicios que pueden sugerir que el alumnado ha sufrido un conflicto cognitivo, puesto que:

1. Aparecen alumnos que dejan sin responder algunas casillas del cuestionario (dos casos en pretest frente a seis en postest).
2. Aumenta de forma considerable el número de elecciones cuya explicación es "no lo sé" o bien el alumno elige una de las opciones pero explica no saber quién es el científico porque "podría ser cualquiera de los dos".

Por último, ante la pregunta "¿Qué has aprendido a través de esta actividad?" surgen respuestas que hablan de los estereotipos científicos. La mayoría de participantes acepta que se ha dejado

llevar, en ambas fases, por los estereotipos de científico, aunque a la vez explican que:

"cualquier persona puede ser científico, aunque no lleven bata blanca o estén en un laboratorio"

O que *"un científico no siempre tiene que ser hombre o una persona de más edad..."*.

Lo que nos lleva a preguntarnos por qué si los alumnos reflexionan sobre esto, se dejan arrastrar por la imagen estereotipada de la comunidad científica. Tal como ya apuntaba Sanmartí (2002), las ideas previas actúan como obstáculos, pues se encuentran muy arraigadas en el alumnado.

Conclusiones

A pesar del gran desarrollo que la ciencia y la tecnología han experimentado en las últimas décadas, parece que la percepción social sobre la comunidad científica apenas ha variado desde los estudios pioneros realizados por Mead y Métraux.

Las conclusiones de Chambers respecto a que las pruebas DAST reflejan representaciones sociales basadas en imágenes estereotípicas del científico relacionadas con un hombre de mediana edad, que lleva bata blanca y gafas, suele ser calvo o ir

despeinado y cuya acción principal es la experimentación o invención en un laboratorio con instrumentos como probetas o tubos de ensayo, que a menudo echan humo, siguen siendo, aunque con pequeñas variaciones, igual de válidas hoy en día y se muestran del mismo modo en personas de diferentes edades, sexo, procedencia o nivel intelectual, por lo que parece existir un fuerte arraigo social. Un ejemplo de ello es la figura 6, que muestra dos dibujos de similares características hechos por dos alumnas de edades muy diferentes.

Difícilmente estas concepciones pueden ser modificadas por medio de una intervención puntual, pues las ideas previas acaban regresando con el tiempo, siendo algunas de las causas de ello la influencia del lenguaje y de los diferentes medios de comunicación, además de la existencia de

errores conceptuales en los libros de texto y los materiales didácticos (Carrascosa Alís, 2013). La literatura y los medios de comunicación, tan importantes en la sociedad del conocimiento en que nos hallamos inmersos, ayudan a conformar y mantener estos estereotipos y suponen un obstáculo difícilmente superable, aunque también podrían constituir una eficaz herramienta de trabajo para luchar contra estas visiones deformadas.

Líneas futuras de investigación y propuestas de mejora

Para poder asegurar la posibilidad de cambiar la percepción del estereotipo científico a través del uso de imágenes debería realizarse una intervención más prolongada en el tiempo y con mayor

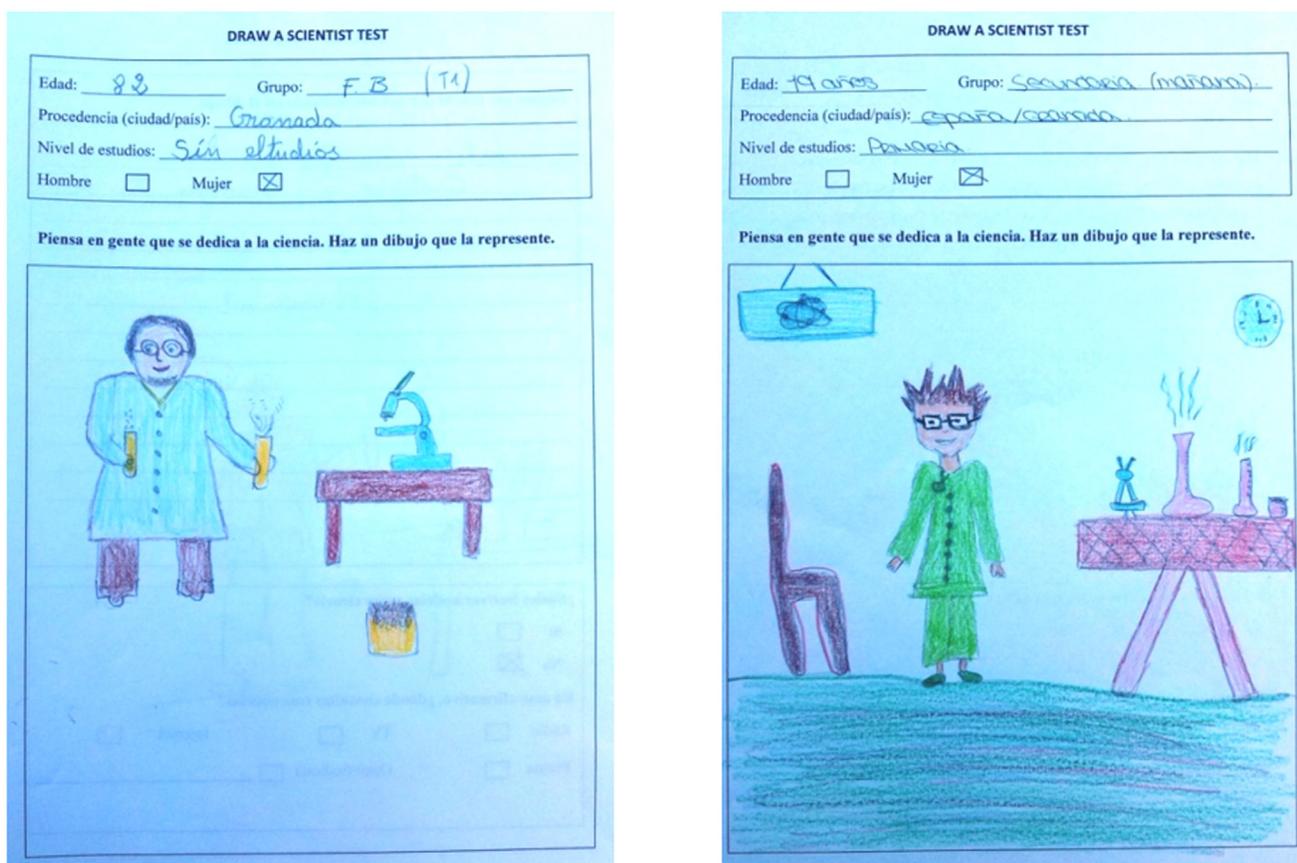


Figura 6. Dibujos realizados por alumnos de 82 años (izquierda) y 19 años (derecha).

Fuente: elaboración propia de los autores.

número de estudiantes. Habría que preguntarse si la diferencia de razones que el alumnado dio en las fases y pretest y postest es debida a que algo ha cambiado en su concepción de la imagen del científico, o se debe simplemente a las imágenes presentadas en cada una de las fases. Por ello, sería aconsejable abrir una nueva línea de investigación utilizando las mismas imágenes de científicos en las fases pretest y postest, pero mucho más distanciadas en el tiempo.

Una propuesta de mejora para futuras investigaciones sería trabajar con un diseño comparativo, con grupo experimental y grupo control. Además, que contase con doble postest, distanciada en el tiempo, para comprobar si las concepciones regresan pasado un tiempo, tal y como ocurrió en el estudio realizado por Solano, Gil, Pérez y Suero, (2002) sobre la persistencia de preconcepciones sobre ciertos contenidos científicos, en este caso circuitos eléctricos, o el trabajo realizado por Vílchez y Ramos (2015) con contenidos del sistema Sol-Tierra-Luna.

Por otra parte, habría que investigar más a fondo cuál podría ser el origen de dicho arraigo ya que no parece que este tenga un origen relacionado con las características de edad, sexo, origen o estudios de las personas.

Por último, señalar que las futuras líneas de investigación deberían tener en cuenta la influencia de los medios de comunicación, pues se muestran como firmes candidatas a ser fuentes de percepciones distorsionadas de la actividad científica.

Referencias

- Acevedo Díaz, J. A., Vázquez Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A. y Acevedo-Romero, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Eureka*, 4(2), 202-225. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2007.v4.i2.01
- Acevedo Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Científica*, 25, 162-175. DOI: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a2>
- Barman, C. R. (1997). Students' views of scientists and science: Results from a national study. *Science and Children*, 35(1), 18.
- Boylan, C. R., Hill, D. M., Wallace, A. R. y Wheeler, A. E. (1992). Beyond stereotypes. *Science Education*, 76, 465-476. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730760502>
- Carrascosa Alís, J. (2013). Ideas alternativas en conceptos científicos. *Revista Científica*, 18, 112-137.
- Chambers, D. W. (1983). Stereotypic images of the scientist: The Draw-a-Scientist Test. *Science education*, 67(2), 255-265. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730670213>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Finson, K. D. (2002). Drawing a Scientist: What We Do and Do Not Know After Fifty Years of Drawings. *School science and mathematics*, 102(7), 335-345. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2002.tb18217.x>
- Kahle, J. (1989). *Images of scientists: Gender issues in science classroom*. Curtin University, Key Paper N.º 1. Perth: Center for School Science and Mathematics. Recuperado de <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED370785.pdf>
- Lederman, N. G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1). Recuperado de <http://www.ied.edu.hk/apfslt/>
- Mead, M. y Métraux, R. (1957). Image of the scientist among high-school students. *Science*, 126(3270), 384-390. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.126.3270.384>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (2016). *Pisa 2015*

- Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic and Financial Literacy*, París: OECD. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264255425-en>
- Perales, F. J., Vílchez, J. M. y Sierra, J. L. (2004). Imagen y educación científica. *Cultura y Educación*, 16(3), 289-304. DOI: [10.1174/1135640042360960](https://doi.org/10.1174/1135640042360960).
- Ruiz-Mallén, I. y Escalas, M. T. (2012). Scientists seen by children: A case study in Catalonia, Spain. *Science Communication*, 34(4), 520-545. DOI: <https://doi.org/10.1177/1075547011429199>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Schibeci, R. A. (1986). Images of Science and Scientists and Science Education. *Science Education*, 70(2), 139-149. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730700208>
- Sjøberg, S. (2000). Science and scientists: The SAS study. *Acta Didáctica*, 1. Recuperado de <http://www.uv.uio.no/ils/forskning/publikasjoner/acta/acta-oslo/sciens-and-scientist.pdf>
- Solano, F., Gil, J., Pérez, A. L. y Suero, M. I. (2002). Persistencia de preconcepciones sobre los circuitos eléctricos de corriente continua. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(4), 460-470. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172002000400013>
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1998). Dibuja un científico: imagen de los científicos en estudiantes de secundaria. *Infancia y Aprendizaje*, 21(81), 3-26. DOI: <https://doi.org/10.1174/021037098320825226>
- Vílchez González, J. M. y Perales-Palacios, F. J. (2006). Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics. *Physics Education*, 41(3), 240-249.
- Vílchez González, J. M. y Ramos Tamajón, C. M. (2015). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la Educación Primaria española. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 2-21.
- Whittle, C. (1997). *Teaching Science by Television: The Audience, Education, History, and the Future*. Base de datos ERIC (ED417079).





The Society of Information and Communication in Education: Speeches Configuring the Teacher for Virtual Education: Subjective and Subjectivity

La sociedad de la información y la comunicación en la educación: discursos que configuran al docente para la educación virtual: sujeción y subjetividad

Claudia Rocio Benitez-Saza¹

Edier Bustos²

Edgar Arevalo³

Recibido: october de 2017

Aceptado: april de 2018

Citation: Benitez-Saza, C. R., Busto, E. y Arevalo, E. (2018). The society of information and communication in education: Speeches configuring the teacher for virtual education: Subjective and subjectivity. *Revista Científica*, 32(2), 183-192. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12677>

Abstract

This article is part of the results of the research on the Educator in Colombia for Virtual Education from the analysis of the Information Society and Knowledge; the following study and structure on three moments of analysis on the breakthrough of Technology in the field of education; the first, investigates and traces the discursive practices that shape the Virtual Educator and how the virtual emerges in the history of Colombian education; in the second, we chose the archeological-genealogical method, methodological arsenal that distances itself from the transcendental conception of history, to make an analysis of the regimes that establish, normalize, naturalize and legitimize the permanent presence of Technology in Education in the discursive field of Virtuality. In the third moment, the results are presented and it is concluded from the discourses that show the power strategy of the Society of Information and Communication in education.

Keywords: speech, technology, virtual education, educator, knowledge, power, resistance.

Resumen

Este artículo forma parte de los resultados de la investigación sobre el educador en Colombia para la educación virtual, a partir de los análisis de la sociedad de la información y el conocimiento. El siguiente estudio se estructura en tres momentos de análisis sobre la irrupción de la tecnología en el campo de la educación: el primero indaga y rastrea las prácticas discursivas que dan forma al educador virtual y de cómo emerge lo virtual en la historia de la educación colombiana; en el segundo se optó por el método arqueológico-genealógico, arsenal metodológico que se distancia de la concepción trascendental de la historia, para hacer un análisis de los regímenes que establecen, normalizan, naturalizan y legitiman la permanente presencia de la tecnología en la educación en el campo discursivo de la virtualidad. Por último, en el tercer momento, se presentan

^{1.} Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia. rocio.benitez.saza@gmail.com

^{2.} Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia. edierhernan1@gmail.com

^{3.} Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogotá, Colombia. edgardbillnyc@hotmail.com

los resultados y se concluye a partir de los discursos que evidencian la estrategia de poder de la sociedad de la información y la comunicación en la educación.

Palabras clave: discurso, tecnología, educación virtual, educador, saber, poder, resistencia.

Introduction

International and national multilateral agents and government institutions promote technology in virtual education, in different modalities (Face, Distance, Virtual) in Latin America and Colombia, through discourses of inevitability and legitimators in which they argue that “the great promise of new technologies lies in the possibility they offer us of creating conditions and environments for us to learn without being taught and without the space-time barriers that surround formal education” (Henaó, 2002, p.10). Similarly, in recent years, policies have addressed the issue of training educators for the virtualization of education in Colombia, for example, in the document on El Sistema Colombiano de Formación de Educadores y Lineamientos de Política del Ministerio de Educación Nacional (MEN) requires for the training of graduates (initial training) “the development of skills and abilities in information and communication technologies, for the design, development and evaluation of educational tools” (MEN, 2013, p. 73); Similarly, in-service training emphasizes ICT training for appropriation “as tools for the development of thinking, learning and knowledge management” (MEN, 2013, p. 93). From the above, the reflection of this paper analyzes the strategy of power directed towards the configuration of educators for the emergence of technology in modalities such as virtualization in education in Colombia, which identifies the knowledge and practices that have allowed to constitute as much, subjects for the technologizing of the education in modalities as the virtualization, nevertheless, subjects of processes of resistance to those knowledges and technologizing practices.

The forces at play in history obey neither a destination nor a mechanic, but effectively at random

of the struggle. They do not manifest themselves as the successive forms of a primordial intention. [...] ‘Effective’ history is distinguished from that of historians [of ideas] in the fact that it is not based on any constancy. [...] Everything that one relies on to turn to history and grasp it in its entirety, everything that allows one to describe it as a patient continuous movement, is all that is systematically broken down. (1979, pp. 46-49)

The archeological-genealogical method allows us to criticize ourselves, since we call into question the truths that have constituted us as individuals, identifying these strategies of power allow us to “establish the historical conditions that made it possible for us to be prisoners of our own history” (Martínez, 2009, p.136).

The theoretical basis of the research refers mainly to Foucault's approaches to knowledge, power and subjectivation, but also relies on the complementary reflections of thinkers such as Deleuze, Lazzarato, Lyotard, Negri, Touraine and Virilio. This theoretical body has been the “toolbox” to conceptualize the virtual education system in Colombia and the possible resistances of the educator to the strategy of the Information Society and Knowledge. However, we have not intended to make a faithful investigation of Foucault's thought in the sense of spreading a doctrine, but only:

“to use it, as he himself taught us, under the pressure of specific problems, to know if it is possible to construct a new policy for real. Since the only mark of recognition that can be witnessed to a thought ... is precisely to use it, to deform it, to make it squeak, to shout, is that we decide to take the inherited to make its own” (Guyot, Marinčević and Becerra, 1996, p. 16).

The Educator Formed for Virtual Education: Archaeological Analysis

Another innovation of the classical age that historians of science they left in the shade. History of the

experiences blind from birth, werewolves or about hypnosis. But who will do the more general, more imprecise, and more decisive history of the “Exam”, its rituals, its methods, its characters and its questions and answers, their systems of notation and classification?

Because in this poor technique are found involved a whole domain of knowledge, a whole type of power. (Foucault, 1976, pp. 189-190).

The phenomenon called virtual education appears in Colombia, a point of view led by Facundo (2002), in the 1980's, a phenomenon that has two aspects of development: the first that has been called distance / virtual education; and the second, is known as educational computing (page 1). However, this statement is not as accurate as Facundo suggests; given that Nietzsche proposes a notion that allows us to determine when a new force appears in history: it is the emergence (Entstehung) understood as “the point of emergence, it is the principle and the singular law of an apparition” (Foucault, 1979, p. 15) under certain specific conditions. The emergence conditions of virtual education are identified in the year 1998, in which its primordial condition of existence is Internet, an infrastructure in network (Facundo, 2002, p. 9). Thus, in 1998, the Universidad Militar Nueva Granada and Universidad Católica del Norte (established as the first virtual university in Colombia) lead the offer of virtual undergraduate programs, specialization and continuing education. Virtual education is the integration of educational resources through the internet, which will promote academic programs under this condition, hence the incorporation of virtual education into educational processes is brought about by the integration of information and communication technologies (ICT)⁴.

In other words, the EV displaces “the axis of teaching-learning from teacher-centered teaching

to learning where the central role to play the participant himself supported in an advanced technological platform” (Yanes, 2008, p. 175). The EV proposes a pedagogical process centered on the participant with the support of technology and obeys a cognitive conception of learning. This theoretical displacement of the learning model promotes a different place and function of the educator; although the fundamental feature of the new learning design is flexibility in time and space management, the role of the educator is to “coordinate and design activities, feedback and monitor student work” (Henao, 2002, p. 43), in the times that the student chooses.

It should also be said that in the findings, governmental entities such as Unesco (2002), emphasize the training of educators to refine and renew their knowledge by educating in the use of ICT, and inform themselves about the rich variety of educational and digital materials available on the Internet, in the way that the knowledge of the professional of the documentation serves to carry out a work focused on “Finding and accessing relevant information, working with more complex computer peripherals, installing and configuring basic and specialized computer applications, and managing, processing and transmitting comprehensive and complex” (Rama, 2012, p. 24). José Silvio (2000) to modify the role of transmitter teacher a facilitator and creator of conditions for learning products; from educator to manager, to enter the information society. The educators, according to Henao:

Se transforman en guías del aprendizaje, tutores y promotores de debates virtuales, consejeros, impulsores de las redes, en los cuales ellos también aprenden durante la interacción con todos los miembros del grupo virtual, enriqueciendo permanentemente el debate, generando y poniendo a

⁴ The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) refers to “computers and peripheral equipment, communications equipment electronic consumer equipment, telecommunications software and services. These range from calculators to laptops, from radios to MP3 players, from televisions to audio-visual equipment, from landlines to cell phones, from word processors to educational software and from e-mail services to broadband services” (IDB, 2011, p. 160).

disposición materiales para consulta y estudio, a través de las redes. (2002, p. 8)

The place of the educator in front of the knowledge will be of eternal apprentice. Learning, whatever it is, is subject to the use of technology that makes it easy. Consequently, the “new teacher who needs modern society must be an expert in learning, not simply a person with specialized training in a discipline” (Henao, 2002, p. 10). Thus, the role and place of educators are transformed by virtue of the new way of establishing the communicative encounter between the actors of the formation process. Educators should be concerned not to remain obsolescence of their old role.

Strategy to Incorporate Technology in Education Through Virtual Modality

“The genealogy is gray, meticulous and patiently documentary. Work with scrambled, blurred scrolls, several times rewritten”. Foucault (1979, p. 13)

The discourses are socio-historical constructions and obey to practices of power, that are valid, are transformed or are mimicked according to those practices. For the purposes of the investigation we ask ourselves how has virtuality been legitimated in the educational field? The relationships that weave knowledge and power between education, ICT and knowledge are a network of threads that do not stop linking, form tissues within the initial fabric and include new ones. To inquire into the conditions by which virtual education has become a strategy of knowledge and truth, in a device of power, discipline or control, confronts us with legitimating discourses, truth games organized by the Information Society and knowledge⁵.

In our journey through the history of the present, we have documented and identified the conditions that have made naturalization, normalization, regularization and mutation of virtual education and its practices possible in Colombia.

The virtualization of education has given rise to discourses that seek to anchor it to a distant past, as if what was said about virtuality in the Middle Ages scholastic was perennial in time and could not acquire other meanings in other historical moments; as if the term “virtual” had not been signified in other social configurations, according to other strategies of power. This perspective is led by Pierre Lévy with his book *What is the virtual?* in which he formulates a “non-catastrophic” hypothesis of virtualization, considering that it “is part of the process of hominization... It is presented as the movement of to become another - or heterogenesis of the human” (Lévy, 1999, pp. 12-13). The reflection of the philosopher Lévy, even legitimate that the deep sufferings experienced by virtualization is because of their misunderstanding and understanding that, permanent updating and updating is necessary (1999); Does legitimizing from a remote past a perspective of virtuality as a potential act not perfectly articulate a strategy that promotes the inevitability and the need for change in education to be linked to socio-economic transformations?

The speeches normalize virtual education according to the demands of the information society and knowledge: globalization and innovation, in the words of Octavio Henao the only way parents can find a guarantee that their children receive an adequate education, to address the challenges imposed on labor and social level by globalization is the inclusion of ICT in the classroom. In the MEN Altablero newspaper, for Miryam Ochoa Dean Faculty of Education “At present, teachers and faculty in practice are undergoing an endless number

⁵. There are some political scientists and sociologists who prefer to speak of a technotronic society (e.g. Brezinski, 1973) because it is heavily influenced by globalized capitalist technology; or a programmed society such as Touraine (1971) because it is a society of alienation that seduces, manipulates and integrates, or a global digital society or information, because it has no borders and uses digital technology as the most important dissemination tool of the information. the history of the present, we have documented and identified the conditions that have made possible the naturalization, normalization, regularization and mutation of virtual education and its practices in Colombia.

of demands and expectations, most of them aimed at responding in the short term to the challenges of the globalized world and the society of the knowledge" (2005, p. 1).

The OAS in 2013, through Virtual Educa, confirm that the new educational formulation derives from globalization and the implementation of the technological - communicative paradigm, in a process of sustainable development based on innovation; In fact, the profound changes in the communications system determine the growing dynamics of globalization, and it redefines the effects of the means of teaching on the mechanisms of construction of subjectivities. For example, access to information (on the web) marks a line of separation between digital natives (skilled and naturalized) and digital immigrant laggards (excluded because they do not access globalized knowledge). In the meantime, the discourse of innovation constitutes the self-managing of knowledge, emerges in organizational conditions as something that can be 'managed', that is, self-managing is treated as sediments of continuous and recurring organizational practices. The role of innovation is precisely to invent the knowledge self-manager, in short, to create a field of identities that are organized continuously and are efficient and effective moderators of the knowledge circulating in ICT. Virtual education becomes the organizational interaction par excellence where the self-managing subject that reform was claiming. What is sought is to institute competences on the mind that enable the individual to be "useful to information technology and communication". The virtual educator must be a substantive transformation, reinventing his role, acquirer of competences according to the demands of ICT, that allow him to assume a productive place in info communicational society.

The technologies of information and communication function as instruments of "educational reform", its *raison d'être*, is the manufacture of docile, useful and productive minds; in the channeling of the behavior of perpetually watched and normalized individuals. Educational reform is a

form of power present in the control of the role of the educator, which today is a management mechanism, as Deleuze has pointed out, in relation to the management role of reforms:

Los ministros competentes anuncian constantemente las supuestamente necesarias reformas. Reformar la escuela, reformar la industria, reformar el hospital, el ejército, la cárcel; pero todos saben que, a un plazo más o menos largo, estas instituciones están acabadas. Solamente se pretende gestionar su agonía y mantener a la gente ocupada mientras se instalan esas nuevas fuerzas que ya están llamando a nuestras puertas. Se trata de las sociedades de control, que están sustituyendo a las disciplinarias. (1990, p. 278)

The fundamental mechanisms for the achievement of virtualization of education have been assumed in educational policies, as an undeniable need to change pedagogical models, seeking to improve coverage, continuity, quality and educational equity. Virtual education as a modality fully fulfills these challenges: it facilitates access to the population, promotes the permanence and flexibility of learning; guarantees an effective learning and is available on the network for all users, without exception (Fundación Universitaria Católica del Norte, 2005). The virtualization of education is configured in a flexible interactive scenario between users: learning to learn, self-learning and / or facilitators of learning.

The absolute quality, coverage, continuity and equity of the educational apparatus are a clear signal of the installation of virtualization at different levels of Colombian training; virtual education operates as a dynamizing device of educational strategies: it guarantees access to knowledge (homogenization of the population), promotes the updating of training (linking to info communication production) and guides the practice of flexible and easy learning (regulation of the educator).

The strategy has regulated until today the problematization of the pedagogical practices of the

educators, those denominated “traditional”, the speeches of the academics, promoters of the incorporation of the EV, are perhaps the most forceful in the purpose of to disqualify the practices of educators, the discourse that implies the need for change “more comprehensive, flexible and interdisciplinary, because the teaching or pedagogical practices cannot ignore the local, regional, national and global contexts [...] also towards the construction of the cognitive autonomy” (Altablero, 2004, p. 5) contrasts and problematizes in this duality the flexible / the inflexible, Integration / dispersion, cognitive autonomy / cognitive dependence, new technologies can maximize old practices centered on the one that teaches, or renew them with different degrees of change, giving increasing control to the learner (p. 4). Hence, the strategy of problematizing, as well as the proposal for change, is also “integral”, and not only limited to the practices of educators, it encompasses the curriculum, the school, higher education and even educational systems.

In Latin America, since 1974, traditional / modern dualism has been introduced to disqualify the traditional approach, that is, in the basic functioning of the classroom, in the way that teaching materials are prepared for use in the educational field, tries to compare from the own rationality of change proposed by the Educational Technology (TE). Three elements of the TE strategy that strengthen and promote expert knowledge discourses for the incorporation of ICT and EV: technological means, teaching focused on student learning, learning based on objectives for effectiveness.

Of the Learning Operators of the Information Society to the Resistance and Dissent

“Resistance is the last word”,
Albert Camus

The educator is a historical constitution and is not first and not always identical in itself; the

constitution of a new Colombian educator mode refers to three irreducible dimensions of knowledge, power and the self; therefore, our interest is not the inquiry into the existence or otherwise of the virtualization of education; the interest that confronts us are the ways and the functions of the educator's thought, the relationship with himself that resists the codes and forces of the outside, that is, the outside that forms a subjectivity of the Colombian educator for a virtual education; we are interested in the modes of subjectivation that have generated resistance to the facilitator, self-proponent of knowledge and the eternal apprentice, because, “in power relations, there is necessarily a possibility of resistance, since if there were no such possibility of resistance —of flight, of deception, of strategies that invest the solution— there would be absolutely no relations of power” (Foucault, 1999, p. 405).

The ways of being and thinking of the educator as the self-facilitator of knowledge and facilitator of learning are constituted in the practice of continuous training, in which knowledge is updated and changing, since mercantilism is miniaturized, more flexible and can exercise control in a discreet and even voluntary way on the part of the apprentices. There are no teachers with bulky books who show their ominous character, but the “double educator” who learns to learn; It has equipment, from the corporate technological sector in cooperation with multilateral agencies, that can go from programs like Tablets to Educate to the cellular telephones, from the video cameras placed in the classrooms to the Virtual Classrooms Educa SXXI, to exert the control of its learning. There is a “School of the digital age” that extends throughout the length and breadth of everyday life; to the extent that the closure is abandoned, other surveillance mechanisms fraternize with the individual, hence Deleuze points out “It is not necessary science fiction to conceive a mechanism of control that indicates at every instant the position of an element in a place open, animal in a reserve, man in a company (electronic collar)... what matters is

not the barrier, but the computer that indicates the position of each, licit or illicit, and operates a universal modulation" (1999, p. 4).

The educator, in modern education, intended that the student be a body willing to acquire form from his teaching and had all the faculty of modeling his students. Now, the facilitator is a kind of mold that is changing, that is in movement and learns with variable frequency; are subjectivities ready to accumulate functions (apprentice, teacher, administrator, designer). The subjectivities of the facilitator and self-manager are modular, while they hoard, abandon and incorporate functions according to the schemas of information technologies and work production. According to Mauricio Lazzarato, "If the disciplines shaped bodies by forming habits mainly in body memory, control societies modulate brains and constitute habits mainly in spiritual memory" (2007, p. 100). It also proposes control techniques, whose operation is based more on recording variable set-points in memory, through information and communication technologies, than in carving fixed slogans in enclosed subjectivities. This would be the true sense of the step of the educator (molded): the operator of learning (modulated). The figure of the virtuous educator who facilitates learning, the eternal apprentice, accumulator of imperative functions: designer, manager, guide, tutor, in which new standardizing apparatuses are seen as the operators of ICT.

And yes, a struggle of subjectivation goes through a resistance to the modes of subjection of the virtual educator, a struggle that presents itself as a right to difference or as a right to variation, that is, to a self, which folds to resist to the outside (Deleuze, 1987). It would seem that in the process of subjectivation of the educator for virtual education plays a fundamental role the use that is given to information and communication technologies, either as a pedagogical model, didactic or a tool in the classroom: The educators have been dedicated to save the technological artifacts, without making any use of them in the classroom, says a teaching

director who is part of the program Computadores para Educar.

Educators who resist the use of technology in the classroom say that the reason they do not use ICT is because they consider it "dangerous" for their students:

I am aware of what they do with the Internet and they are really dangerous, because they end up in pages with frightening contents. (CPE teacher, 2014)

Educators who are afraid of virtual education may do so because they suspect the effective and innovative method of learning, the educator who has limited the use of the network to his students in the classroom, which uses the Internet only as a reference tool (as it was done with libraries or the guiding text, from its configuration as educator) creates a form of pedagogy in which the communication in the network is not fundamental (as it is believed) for the learning; to illustrate, a group of educators (belonging to the program of Computers to Educate) consider that nothing is learned from the Internet, on the contrary suppose that they are a risk for their students, therefore, what circulates in the network must be supervised by a In addition, there is no reason to believe that students use the Internet for training purposes, in the words of the resistance.

I suspect that there is not even a vague awareness about the vision of citizens that we intend to form from programs with TIC. (CPE teacher, 2014)

Now, against this info communicational kraken that recognizes the educator as an operator of ICTs, in which it is no longer necessary to know how to teach, but rather to be a tool to dictate class; before this game of truth, we have reflected and we suggest resisting the following postulates, like this:

The first postulate refers to a rhizomatic function of formation, a rhizome that teaches beyond the logic of information, that as educators we stop planting trees in the head and think rather that the

brain is more a grass than a tree (Deleuze and Guattari, 2004, p. 20). The training system in which the knowledge of the communicative root (TIC) is acquired is a hierarchical graph, which is only traceable to a central order, therefore, what we propose is a multiplicity of conditions of possibility for another pedagogy emerges, for another thought to emerge. "You have to have thoughts, not just points of view!" Warns Nietzsche (2000, p. 40).

A second postulate refers to the fact that virtual education has excluded the body from training; the theory of cognition, has the founding role for the subject to leave the body and institute only as "brain"; our dissidence lies in a practice that makes possible the formation without the center being the brain, to invent a practice on the part of the educator in which it can be formed, without a cognitive tree (therefore communicative), rather a rhizome that is saying of a pedagogy, this will be a pedagogy not of programmed linear, organized, theorized, but of educators who are prepared in (possibly) life, in a life without brains to develop, nor competent minds or communicative intelligences, no standardized communicative possibility, is the only source of knowledge?

Conclusions

In this brief tour of the history of virtual education in Colombia shows how in the last decades has implemented a strategy of power of the SIC that closely links economic production with the educational field. By virtue of this relationship a type of educator is constituted who must manage his knowledge and his formation to promote the teaching processes of the students.

In our archaeological route, it is clear that virtual education emerges by the integration of ICT to pedagogical and didactic practices in educational institutions. ICTs become the "sine qua non" for EV, so the discourses of various international and national multilateral agents, as well as governmental institutions, place the educator in the information and knowledge society as an operator of the

ICT, whose function is to modulate the learning: to facilitate routes that lead to the development of competences.

Two characteristics of virtual education in Colombia have been traced so far in the speeches of governmental experts: communicative power and the integration of ICT. In light of these, the role of the educator is modified substantially: on the one hand, the central axis of its function is student learning, but not any learning, but ubiquitous learning mediated by ICT (virtuality versus presence); on the other hand, the training of educators is based on ICT competences at different levels for self-management of knowledge. Hence, educators should be concerned not to remain in the obsolescence of their old role and to form permanently.

The analysis of the knowledge / power strategy for the establishment of virtual education in Colombia makes visible a framework of legitimating discourses of the so-called Information and Knowledge Society. At the same time, the ICT boom and the crisis of the school are the conditions that allow the emergence of the discourse of virtual education. Educational virtualization has become a communication strategy, to make productive subjects in their learning.

The analysis of the legitimating discourses of virtuality identifies an interest in considering it part of the human being from a distant past, a consideration that fits perfectly with the discourse that promotes the inevitable need to introduce changes in education to link it to socio-economic transformations. The analysis also shows that virtual education reinforces the need for subjects to be interconnected and to be part of globalization and innovation, hegemonic statements of productivity in today's world. In addition, the discourses of opportunity or disadvantage of educators regarding the use of ICT question traditional practices of education.

We have found that the virtual educator is shaped as the subject of his own learning rather than as a subject for teaching. The learning in the virtuality becomes a mechanism of control by

means of the information and the generalized communication, control that does not require closures; the educator is subject to the new mechanisms of control and at the same time is individualized; virtual education feeds much of the technological corporations; in short, is the process of persuasion and control, which generates monitoring of the workforce of industrial capitalism, the information society and communication. Thus, for example, the “subjects of virtualization” were formed in discourses such as self-learning or easy learning through ICT, in which control is exercised from the information; control that is not hidden since there are no limits to communication.

Virtual education, through a wide network of digital devices, makes a presence in the crisis of the disciplinary society and goes to the step of the control society. It determines dualities between abnormality and normality, between the updated and the obsolete, between innovative and traditional, between inclusion and exclusion, between effective and ineffective, between connected and unconnected. Likewise, it continues to demand the development of linguistic and technological skills for the training of subjects in the Information Society.

We have also wondered about the subject-educator type who has resisted the regime of virtual communication. In tracing the freedom practices of teachers linked to the Computadores para Educar program, we note that the SIC strategy makes their suspicions and questionings invisible, judging them as manifestations of fear and apathy for the use of ICTs. But the reason these teachers do not use ICT is because they consider them “dangerous”, unreliable to give real training to students.

Finally, we have proposed two postulates for a possible dissent regarding the hegemonic discourse of virtual education: the first is to practice a rhizomatic formation, not SIC; and the second to question an education directed solely to the brain, through a struggle against the power of cognitive approaches to pedagogy.

References

- Altablero (2004). Tecnologías de información y comunicaciones (TIC) una llave maestra. N.º 29, abril-mayo. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87401.html>
- Altablero (2004). (2004b, abril-mayo) Una llave maestra las TIC en el aula. N.º 29. Abril – mayo. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-87401.html>
- Secretaria Distrital de Educacion y Cultura de Soacha (2014). Informe de experiencias docentes con tabletas para educar: en once instituciones del municipio de Soacha. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Ceballos, H. (2000). *Foucault y el poder*. México: Ediciones Coyoacán.
- Deleuze, G. (1987). ¿Qué es un dispositivo? La intervención de Gilles Deleuze en el Encuentro Internacional organizado en París, en 1988, por la Association pour le Centre Michel Foucault. En, *Michel Foucault, filósofo*. España: Gedisa.
- Deleuze, G. (1999). *Posdata sobre las sociedades de control*. Buenos Aires: Altamira.
- Deleuze, G. y Guattari, F. (2004). *Mil Mesetas*. España: Pre-textos.
- Facundo, A. H. (2002). *La educación superior a distancia/virtual en Colombia*. En *lesalc, Digital observatory for higher education in Latin America a the caribbean*. Recuperado de <http://portales.puj.edu.co/didactica/PDF/Tecnología/Educacionvirtualen-Colombia.pdf> el 22 de marzo de 2011
- Foucault, M. (1976). *Vigilar y castigar* (9ª ed). México: Siglo XXI.
- Foucault, M. (1979). Nietzsche, la genealogía, la historia. En M. Foucault, *Microfísica del Poder* (pp. 7-29). Madrid: La Piqueta.
- Foucault, M. (1999). Estética, ética y hermenéutica. En, *Obras esenciales*, vol. III. Barcelona: Paidós.
- Guyot, V., Marincevic, J. y Becerra, M. (1996). *Los usos de Foucault*. Buenos Aires: El Francotirador Ediciones.

- Henao, O. (2002). *La enseñanza virtual en la educación superior*. Bogotá: Icfes.
- Henao, O. (2005). Tres miradas a la formación docente. *Altablero*, 35. Recuperado de <http://www.mineducacion.gov.co/1621/propertyvalue-31598.html>
- Lazzarato, M. (2007). *Biopolítica: estrategias de gestión y agenciamientos de creación*. Bogotá: Fundación Universidad Central, Ediciones Sé cauto.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN) (2013). *Sistema colombiano de formación de educadores y lineamientos de política*. Bogotá: MEN.
- Rama, C. (2012). *La reforma de la virtualización de la universidad: el nacimiento de la educación digital*. México: UDGVirtual. Recuperado de http://virtualeduca.org/documentos/observatorio/libro_la-reforma-de-la-virtualizacion-de-la-universidad-claudio-rama-udg-2012.pdf
- Silvio, J. (2000). La virtualización de la universidad. ¿Cómo podemos transformar la educación superior con la tecnología? Caracas: Ilesalc, Unesco. Recuperado de http://www.sapiencia.gov.co/wp-content/uploads/2017/03/virtualizacion_universitaria.pdf
- Unesco (2002). *Aprendizaje abierto y a distancia. Consideraciones sobre tendencias, políticas y estrategias*. París: División de Educación Superior. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001284/128463s.pdf>
- Virtual Educa (2013). *Informe General*. Washington: Departamento de Desarrollo Humano, Educación y Cultura Organización de los Estados Americanos. Recuperado de: info@virtualeduca.org - www.virtualeduca.org
- Yanes, J. (2008). La educación que queremos para la generación de los bicentenarios. Metas educativas 2021. *XVIII Conferencia Iberoamericana de Educación*. El Salvador.





La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso

Modelling in Science Education: demarcation criteria and case study

O Modelagem no Ensino de Ciências: critérios de demarcação e estudo de caso

Lourdes Aragón¹

Natalia Jiménez-Tenorio²

José María Oliva-Martínez³

Maria del Mar Aragón-Méndez⁴

Recibido: enero de 2018

Aceptado: abril de 2018

Para citar este artículo: Aragón, L., Jiménez-Tenorio, N., Oliva-Martínez, J. M., y Aragón-Méndez, M. M. (2018). La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de cas. *Revista Científica*, 32(2), 193-206. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12972>

Resumen

En este trabajo se demarcan, en primer lugar, distintos elementos característicos de los enfoques de enseñanza mediante modelización a partir de una revisión de la bibliografía existente. En segundo lugar, se analiza mediante los mismos una propuesta didáctica constituida por un total de 29 actividades y planteada para el estudio del sistema Sol-Tierra, concretamente del fenómeno de las estaciones, con maestros de educación primaria en formación inicial. Se trataba de comprobar en qué medida el diseño seguido podría situarse dentro del marco de enseñanza por modelización, y extraer de ahí sus fortalezas y debilidades que permitan una mejora del contenido y la estructura.

Palabras clave: estaciones, formación inicial de maestros, modelización, modelos, sistema Sol-Tierra.

Abstract

This paper presents, first a different characteristic elements based on the approach of educational modelling throughout a bibliography review. Secondly, a didactic proposal consisting of a total of 29 activities was analyzed. This proposal was proposed for the study of Sun and Earth but specially in the seasons phenomenon, with teachers in starting level from primary school. The experience tried to demonstrate, how the following design would be integrated in to the education by modelling, and in consequence extract the weaknesses and strength to improve the contents and its structure.

Keywords: modelling, models, seasons, Sun-Earth system, teacher initial training.

1. Universidad de Cádiz. España. lourdes.aragon@uca.es

2. Universidad de Cádiz. España. natalia.jimenez@uca.es

3. Universidad de Cádiz. España. josemaria.oliva@uca.es

4. Universidad de Cádiz. España. mmaragonmendez@gmail.com

Resumo

Neste trabalho distinguimos, em primeiro lugar, distintos elementos característicos das abordagens de ensino através da modelagem de acordo com uma revisão da bibliografia existente. Em segundo lugar, é analisada uma proposta didática composta por um total de 29 atividades e criadas para o estudo do sistema Sol-Terra, mais especificamente do fenômeno das estações, com professores do ensino primário em formação inicial. O objetivo era verificar em que medida a proposta seguida poderia ser colocada no quadro do ensino por modelagem e extrair pontos fortes e fracos que permitam uma melhoria no conteúdo e estrutura do mesmo.

Palavras-chaves: estações, formação inicial de professores, modelagem, modelos, sistema Sol-Terra.

Marco conceptual

En los últimos años la actividad de modelización acapara un creciente interés en la didáctica de las ciencias (Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009), empezando a considerarse como una competencia emergente de la educación científica, o al menos como una dimensión de la competencia científica. De ahí la importancia de incidir en el desarrollo de dicha capacidad a través de la formación científica.

En este contexto, el aprendizaje a partir de modelos está sirviendo para inspirar posibles itinerarios de progresión en el conocimiento (Bahamonde y Gómez-Galindo, 2016; Maguregi, Uskola, Burgoa, 2017; Sesto y García-Rodeja, 2017), la formulación de obstáculos en dicho tránsito (García-Rodeja y Sesto, 2016; González-Galli y Meinardi, 2017), el diseño de secuencias de actividades sobre temas específicos (Gómez-Galindo, Sanmartí y Pujol, 2007; Schwarz et al., 2009; Hernández, Couso y Pintó, 2015; Ageitos, Puig y Calvo-Peña, 2017; Pérez-Gómez, Gómez-Galindo y González-Gómez, 2018), o la implementación de recursos de aula con esta orientación (Amadeu y Leal, 2013; Jiménez-Tenorio, Aragón y Oliva, 2016). En suma, todo da cuenta del alto dinamismo de

estos planteamientos, los cuales parecen estar concretando nuevos enfoques para la enseñanza de las ciencias, partiendo de la metáfora del aprendizaje del alumno como proceso de modelización análogo al que lleva a cabo el científico. Dicho enfoque se viene a sumar a otras estrategias como las de cambio conceptual, la investigación —o indagación— en torno a problemas o los enfoques de enseñanza en contexto (Gil, 1986; Campanario y Moyá, 1999; Vilches et al., 2014). En conjunto, componen una parte muy importante de los fundamentos que orientan hoy la innovación y la investigación en la enseñanza de las ciencias a través de métodos activos.

Esta diversidad de enfoques o estrategias, aun partiendo de presupuestos diferentes, solapan entre sí, comparten rasgos comunes y presentan en muchos casos perspectivas complementarias. Por esta razón, no es sencillo diferenciar unas de otras, sobre todo porque al materializarse en propuestas didácticas concretas no lo hacen desde enfoques puros, sino amalgamando varios de ellos. Esta circunstancia plantea un problema de comprensión en los profesores en formación inicial, quienes tienen dificultades a la hora de diferenciar distintos métodos activos de enseñanza.

Como ya sugerimos en estudios anteriores (Jiménez-Tenorio y Oliva, 2016a y 2016b), se pone en evidencia la necesidad de ahondar en la caracterización de distintos enfoques, estableciendo semejanzas y diferencias entre ellos. Con ello se dispondría de criterios para evaluar otras propuestas al uso, planteadas desde una o varias orientaciones distintas, lo que ayudaría a delimitar fortalezas, debilidades y posibilidades de mejora.

Atendiendo a lo anterior, y desde la perspectiva particular de los enfoques de enseñanza mediante modelización, en este artículo se plantan los siguientes propósitos:

1. Delimitar criterios de caracterización de propuestas de enseñanza abordadas desde enfoques de modelización científica.

2. Aplicar dichos criterios para evaluar un diseño para el tema del sistema Sol-Tierra en la formación inicial de maestros.

Para el primero de estos propósitos se propone un enfoque teórico a través de una revisión de la bibliografía que ayude a demarcar sistemas de categorías que incorporen elementos característicos de los procesos de modelización. Para el segundo, se recurre a un estudio de caso en el que se emplean esos sistemas de categorías para evaluar una propuesta concreta.

Demarcación de los enfoques de modelización en ciencias

En la bibliografía se constata que la noción de modelo es empleada con distintos significados, de modo que lo mismo se utiliza para aludir a determinadas facetas del saber científico, a unidades de conocimiento que estructuran el currículum escolar, a determinado tipo de recursos didácticos (maquetas, representaciones a escala, etc.) o a las representaciones mentales que elaboran los estudiantes en su comprensión de la ciencia (Harrison y Treagust, 2000; Gutiérrez, 2014; Chamizo, 2010; Adúriz-Bravo, 2012). Quizás sea por ello por lo que la idea de modelización se emplea también con distintos significados, como lo demuestra la diversidad terminológica observada a la hora de referirse a ella por distintos autores: instrucción basada en modelos (*models-based instruction*), enseñanza basada en modelos (*models-based teaching*), aprendizaje basado en modelos (*models-based learning*), enseñanza basada en la elaboración de modelos (*teaching based on modeling*), aprendizaje basado en modelización (*modeling-based learning*), o simplemente modelización (*modeling*).

Esta variedad de posiciones teóricas probablemente explica el éxito de estos enfoques para conectar con otras líneas de investigación, como las relativas al aprendizaje por cambio conceptual o la enseñanza por investigación, entre otras. Sin

embargo, también puede ser una fuente de imprecisión terminológica y de confusión teórica, que lastren la claridad y utilidad de estos enfoques (Gutiérrez, 2005). De ahí la necesidad de situar claramente la noción que mantenemos acerca de estos dos términos, ambos constituyen la base de esta investigación.

Así, por un lado, la idea de modelo a la que apelamos podría definirse como la representación de un objeto, un fenómeno, o sistema con el propósito es describir, explicar o predecir su comportamiento de la parte del mundo real a la que intenta evocar (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000; Adúriz-Bravo, 2012). Por su parte, la modelización la entendemos como el proceso de aprendizaje que acompaña al trabajo con modelos, no solo a la hora de construirlos, sino también de aplicarlos, revisarlos, modificarlos o, llegado el caso, cambiarlos por otros distintos (Justi y Gilbert, 2002). Situándonos siempre en un contexto de aprendizaje escolar.

En este marco, la base teórica que orienta el primero de los propósitos planteados se articula en torno a tres ideas centrales. En primer lugar, se supone que los modelos desempeñan un papel central tanto en la ciencia como en la educación científica, constituyendo mediadores entre el mundo observable y las teorías (Halloun, 1996; Gilbert, Boulter y Rutherford, 1998; Harrison y Treagust, 2000; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005; Ducci y Oetken, 2012; Acevedo-Díaz, García-Carmona, Aragón-Méndez y Oliva-Martínez, 2017). En segundo lugar, se considera además que la modelización en ciencias conforma una actividad epistémica que requiere una gran variedad de capacidades, que abarcan tanto aspectos cognitivos como metacognitivos, así como perspectivas y visiones acerca de la naturaleza de los modelos (Grosslight et al., 1991; Harrison y Treagust, 2000; Schwarz, 2002; Oliva y Aragón, 2009; Torres y Vasconcelos, 2017). Finalmente, en tercer lugar, se plantea la necesidad de concebir el desarrollo de dicha aptitud a través de un itinerario de progresión como el que sugieren Justi y Gilbert (2002),

según una secuencia de complejidad creciente: a) aprender modelos, b) aplicar los modelos aprendidos, c) revisar los modelos aprendidos, d) participar en la reconstrucción de modelos y e) idear modelos nuevos.

En consecuencia, la capacidad de modelización debería entenderse como un conjunto de conocimientos, habilidades, destrezas y valores necesarios para llevar a cabo la tarea de modelar en su dimensión más amplia. No solo se trataría de aprender los modelos de la ciencia escolar, sino también trabajar con ellos, elaborarlos y revisarlos, así como hablar y opinar acerca de los mismos, entendiendo su valor, su utilidad, su carácter aproximativo y cambiante, y sus limitaciones.

Desde esta perspectiva, son diversos los autores que han intentado desgranar en qué consisten los procesos de modelización, ya sea en términos generales (Justi y Gilbert, 2002; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009; Prins, 2010) o ante dominios curriculares concretos, como astronomía (Schwarz, 2002) o química (Kozma y Russell, 2005; Giomini, Marrosu y Cardillini, 2006; Justi, 2009; Aragón, 2012). Todos estos estudios apuntan a una serie de dimensiones que contemplan capacidades y valores como usar modelos para interpretar y predecir fenómenos, manejar distintas representaciones; valorar la utilidad y limitaciones de estos instrumentos; relacionar distintos modelos o representaciones y gestionar su uso en distintas circunstancias y comprender la naturaleza de los modelos, o participar en la creación de nuevos modelos. Por lo tanto, se entiende que cualquier propuesta de enseñanza elaborada desde enfoques de modelización, deberían recurrir a prácticas científicas que involucren este tipo de dimensiones.

Otro factor distintivo de los enfoques de modelización son los recursos que acompañan al desarrollo de dicha actividad en las aulas, como las analogías, las maquetas, las representaciones pictóricas, los modelos a escala, los experimentos mentales, las escenificaciones personificadas o las simulaciones por ordenador suelen asistir a las prácticas de modelización (Treagust y Harrison,

2000; Chamizo, 2010; Oliva, Jiménez-Tenorio, Aragón y Aragón-Méndez, en prensa). Al asumir que a veces no existe una línea divisoria clara entre algunos de estos recursos, se pueden establecer características diferenciadoras. Una representación a escala es una imagen que, siguiendo una relación de proporcionalidad, sustituye a la realidad. Una maqueta es una representación a escala, habitualmente material, tridimensional y simplificada, de un sistema. Una analogía es el establecimiento de relaciones de semejanza entre dos sistemas distintos. Un modelo mecánico es una representación material de un sistema que es manipulable. Un modelo mecánico puede tener carácter analógico ya que los objetos que representa son sustituidos por entidades análogas. No obstante, en conjunto, se tratan todos ellos de modelos analógicos escolares (Harrison y Treagust, 2000). Son “escolares” en la medida en que son modelos para la enseñanza (Justi, 2006), diseñados para que el profesor ayude a sus estudiantes a aproximarse al modelo científico. Y podemos decir que son “analógicos” al encontrarse normalmente basados en analogías (Chamizo, 2010).

Finalmente, es importante considerar que la práctica de modelización es algo más que la suma de destrezas, valores y recursos. Además, posee un sentido global que suele concretarse en forma de una trama cíclica de actividades en la que se integran los distintos elementos. En este sentido, diversos autores han aportado esquemas de modelización de esta naturaleza (Justi y Gilbert, 2002; Prins, 2010), muy similares entre sí y que podríamos sintetizar en un esquema como el que muestra la figura 1. Es en este contexto en el que cobran sentido todos los elementos característicos de la modelización planteados anteriormente, y donde se integran para constituir un todo.

A modo de síntesis, la tabla 1 presenta un sistema de categorías, con sus correspondientes indicadores, que pueden servir como definición operativa de lo que se entiende habitualmente por modelización a lo largo de la bibliografía.

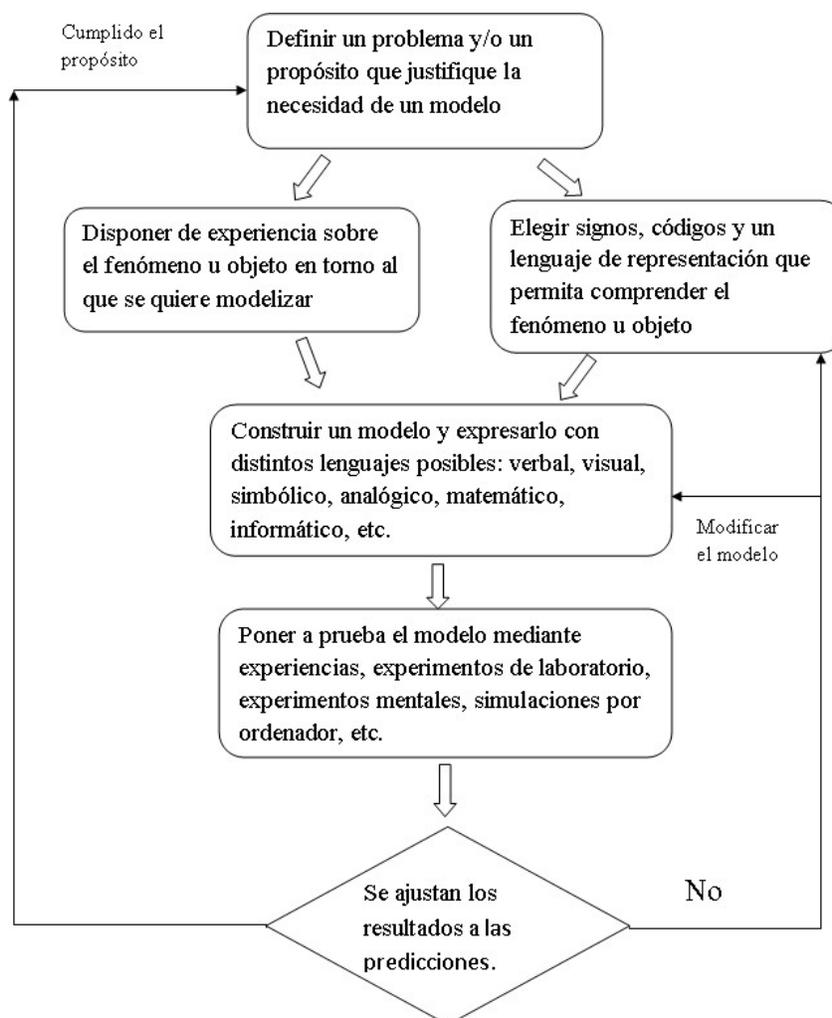


Figura 1. Adaptación del ciclo de modelización de autores como Justi y Gilbert, 2002 y Prins, 2010.

Fuente: elaboración propia de los autores.

Un estudio de caso: la modelización del fenómeno de las estaciones en la formación inicial de maestros

Objeto del estudio y concreción del caso

En este apartado se aplican los criterios de demarcación de los enfoques de enseñanza basados en la modelización en el análisis de un diseño concreto de enseñanza para el estudio del fenómeno de las estaciones. El caso elegido se corresponde con un diseño de enseñanza realizado en la Universidad de Cádiz (España) dirigido a futuros

profesores de primaria, dentro de la asignatura Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza I, de tercer curso del grado. Uno de los temas abordados en dicha asignatura es el sistema Sol-Tierra, a través del problema de la interpretación del fenómeno de las estaciones. La elección de dicho tema se justifica por su alta relación con experiencias de la vida diaria, y la significativa dificultad de su aprendizaje como bien lo atestiguan múltiples trabajos de investigación (Parker y Heywood, 1998; Navarrete, Azcárate y Oliva, 2004). Como parte de la formación científica que se proporciona al alumnado, se vienen ensayando estrategias de

Tabla 1. Síntesis de categorías e indicadores prototípicos de enfoques de modelización científica.

Categorías	Indicador
Dimensión 1: Facetas de modelización involucradas (Justi y Gilbert, 2002; Adúriz-Bravo e Izquierdo, 2009; Prins, 2010; Schwarz, 2002; Kozma y Russell, 2005; Giomini, Marrosu y Cardillini, 2006; Justi, 2009; Aragón, 2012)	
M1. Integrar nuevas informaciones.	Se analiza si, a través de la actividad, al alumno se le proporcionan ideas y/o informaciones parciales que, adecuadamente ensambladas, contribuyan a componer el modelo objeto de aprendizaje.
M2. Representar imágenes y simulaciones, o trabajar con otras ya hechas.	Se analiza si la actividad ofrece alguna oportunidad para representar o escenificar fenómenos, o si los alumnos han de trabajar con representaciones ya hechas que tiene que interpretar.
M3. Interpretar la realidad de forma verbal.	Se evalúa si la actividad ofrece oportunidad para comunicar y expresar verbalmente sus explicaciones sobre los fenómenos considerados.
M4. Estimar la utilidad de los modelos.	Se analiza si la actividad propicia, de forma explícita, una valoración positiva por parte de los alumnos tanto de los modelos presentados como recursos, como de los propios modelos personales que ellos poseen.
M5. Aplicar los modelos aprendidos a nuevas situaciones	Se tiene en cuenta si la actividad proporciona situaciones para que el alumnado aplique los modelos aprendidos en situaciones novedosas: formular problemas, diseñar experiencias o realizar predicciones.
M6. Revisar modelos	Se valora si los alumnos han de cuestionar sus modelos iniciales, poniéndolos a prueba y detectando lagunas e insuficiencias. También, si se han de juzgar los modelos elaborados por otros o reconocer el carácter limitado y aproximativo de los modelos de la ciencia.
M7. Admitir el carácter evolutivo de los modelos.	Se analiza si la actividad se dirige a la toma de consciencia en torno al carácter provisional y cambiante de los modelos.
M8. Gestionar la variedad de modelos disponibles, siendo capaz de pasar de uno a otro.	Se valora si la actividad permite tomar consciencia sobre la posibilidad de explicar una misma cosa mediante diferentes modelos/representaciones, y/o si se fomenta el uso de múltiples modelos con conexiones entre ellos.
M9. Aportar ideas de manera creativa en las que se apoye la génesis de nuevos modelos.	Se analiza si el alumno forma parte activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciéndose oportunidades para aportar nuevas ideas significativas en la gestación y desarrollo de nuevos modelos.
Dimensión 2: Recursos didácticos empleados (Harrison y Treagust, 2000; Treagust y Harrison, 2000; Chamizo, 2010; Oliva et al., en prensa)	
R1. Dibujos e imágenes estáticas	Se valora si los alumnos dibujan o recurren a dibujos de otros, imágenes y otros tipos de ilustraciones.
R.2 Modelos mecánicos con materiales de la vida cotidiana	Se estima si se emplean modelos analógicos elaborados a partir de objetos y materiales de la vida cotidiana.
R.3 Representaciones a escala	Se establece si los alumnos elaboran o recurren a representaciones a escala, ya de mediante instrumentos gráficos u objetos en tres dimensiones.
R.4 Analogías	Se evalúa si la actividad involucra el uso de analogías sugeridas por el profesor o si los alumnos tienen que generar analogías por ellos mismos.
R5 Maquetas	Se valora si la actividad recurre a maquetas comerciales ya hechas de fábrica con fines didácticos.
R.6 Escenificaciones y/o personificaciones	Se comprueba si los alumnos han de participar activamente en la tarea escenificando de manera dinámica, mediante su propio cuerpo, distintas partes u objetos del sistema que se modeliza.
R.7 Simulaciones mediante las TIC's	Se examina si se emplean aplicaciones digitales que permitan representar de forma dinámica mediante las TIC's los objetos y/o fenómenos del sistema modelizado.
R.8 Experimentos mentales	Se analiza si en las explicaciones del profesor se recurre a experimentos realizados mentalmente sin necesidad de ejecutarlos realmente.
Dimensión 3: Sentido global (Justi y Gilbert, 2002; Prins, 2010)	
CM Ciclo de modelización	Se analiza si la secuencia de actividades planteadas se adapta globalmente a un ciclo de modelización, contemplando uno o más ciclos de este tipo o aproximaciones a los mismos.

Fuente: elaboración propia de los autores.

enseñanza-aprendizaje orientadas desde el marco socio-constructivista, (Navarrete, 1998; Jiménez-Tenorio, Aragón y Oliva, 2016), con un foco de atención expreso tanto en la evolución de los modelos explicativos de los alumnos como en el desarrollo de capacidades reflexivas y de indagación propias del aprendizaje a partir de problemas.

Todo el tiempo los alumnos trabajan en pequeños grupos, de cinco a seis alumnos, interactuando entre ellos y con el profesor. Esto provoca que sea frecuente el debate y la discusión en el aula, que se promuevan continuas ocasiones para que los alumnos expresen sus modelos explicativos, los contrasten con otros y con los del profesor, y

los pongan a prueba a partir de actividades de reflexión, experimentación y simulación. Esto configura un marco de aprendizaje muy próximo a los enfoques de enseñanza por modelización.

Incluso cuando esa ha sido la intención de los profesores, la pregunta que se plantea es hasta qué punto el diseño de enseñanza empleado es coherente con dicho marco y, en caso afirmativo, de qué manera dicho análisis puede ayudar a replantear y mejorar el diseño implementado.

Metodología

Se trata de un estudio de investigación de tipo cualitativo, enmarcado en los estudios de casos y próximo a la investigación-acción, al analizar en su contexto natural una práctica de aula particular para introducir cambios y mejoras en el futuro, siendo las propias profesoras—las dos primeras autoras—las que investigan sobre su realidad. El caso se corresponde con la trama de actividades desarrolladas en el aula durante los cursos 2012-2013 y 2013-2014. En el estudio, participaron un total de 169 estudiantes, procedentes de tres grupos clase del tercer curso del Grado en Educación Primaria de edades comprendidas mayoritariamente entre los 20 y los 23 años, aproximadamente un tercio de ellos hombres y dos tercios mujeres. Los estudiantes trabajaron todo el tiempo agrupándose en un total de treinta pequeños grupos estables de trabajo de aula, cada uno formado por 4 o 6 sujetos. Los estudiantes no habían abordado asignaturas de ciencias desde su etapa como alumnos de secundaria, la mayoría de ellos no lo hacían desde cinco años antes, cuando abandonaron opciones de ciencias en dicha etapa, y solo una pequeña parte había cursado materias de ciencias durante bachillerato.

Un primer paso de la investigación fue seleccionar las dimensiones de análisis a considerar, para lo cual fue preciso concretar el diseño formativo en forma de propuesta didáctica, la cual estaba constituida por un total de 29 actividades como se especifican en el anexo 1.

Un segundo paso consistió en establecer las dimensiones y categorías de análisis a considerar en el estudio particular de las 29 actividades que componían el diseño implementado. En respuesta al mismo se eligió el sistema de categorías previsto en la tabla 1.

Para analizar las dos primeras dimensiones, los autores del presente trabajo, valoraron cada una de las 29 actividades que conforman la propuesta didáctica. En el caso de no existir acuerdo inicial, se debatía el significado de las categorías delimitadas hasta alcanzar un acuerdo. La tercera dimensión fue valorada por los mismos autores de forma conjunta, delimitando globalmente la aparición o no de ciclos de modelización presentes en la secuencia de actividades elaborada.

Resultados y discusión

La exposición de resultados se realiza por separado para cada una de las dimensiones consideradas.

Facetas contempladas de la competencia de modelización

Como resultado del análisis, cada actividad quedó caracterizada por una o más de las facetas (destrezas y valores) de la competencia de modelización. La tabla 2 ofrece un análisis descriptivo de frecuencias de la incidencia de cada dimensión de la modelización en cada una de las actividades que conforman la secuencia didáctica llevada a cabo.

Un primer aspecto a destacar es la importante presencia que tiene la modelización en la secuencia de actividades, habida cuenta del alto número de ocasiones en las que se trabajan facetas de modelización, concretamente en 86 ocasiones, esto es, casi tres facetas por actividad registrada.

Un segundo aspecto estriba en la existencia de un reparto desigual en la frecuencia de abordaje de las distintas dimensiones contempladas en el análisis, siendo M6, -Revisión de modelos, y M3,

Tabla 2. Frecuencias y porcentajes de abordaje de cada faceta de modelización en cada una de las actividades que conforman la secuencia didáctica (anexo 1).

Dimensiones	Número de actividades	% Respecto al total de actividades (N=29)	Ejemplos de las actividades de la secuencia didáctica indicadas en Anexo 1
M1. Integrar nuevas informaciones.	9	31,0	Ángulo de inclinación del eje (A5), datos de diámetros Tierra y Sol y distancia Sol-Tierra (A14)
M2. Representar/manejar imágenes y simulaciones	20	69,0	Representación mediante un dibujo de la órbita terrestre (A11), simulación del movimiento de traslación terrestre (A8)
M3. Interpretar la realidad de forma verbal.	21	72,4	Estaciones en distintos hemisferios, horas de luz, variaciones con la latitud (A21), examen de recapitulación (A29)
M4. Estimar la utilidad de los modelos.	1	3,4	Recapitulación de ideas (A28)
M5. Aplicar los modelos en nuevas situaciones	4	13,8	Estimación de la duración del día y de la noche en distintos puntos del globo (A17), análisis de la incidencia de los rayos sobre la Tierra en distintos momentos de su trayectoria (A20)
M6. Revisar modelos	22	75,9	Juicio crítico sobre los modelos de otros (A4), toma de consciencia sobre paradojas y limitaciones de modelos iniciales (A6, A9, A18)
M7. Admitir el carácter evolutivo de los modelos.	1	3,4	Reconstrucción y análisis de la experiencia (A29)
M8. Gestionar el uso de los modelos	3	10,3	Uso alternativo de modelos tridimensionales y dibujos en papel (A24)
M9. Aportar ideas de manera creativa	5	17,2	Representar y dibujar aspectos todavía no aclarados (A22, A23)

Fuente: elaboración propia de los autores.

Interpretación de la realidad de forma verbal. que son las facetas que se dan con mayor frecuencia, con porcentajes del 79% y del 72%, respectivamente. Le sigue de cerca la dimensión M2—uso de representaciones—con un 69%. Mientras tanto, algunas dimensiones fueron mucho menos abordadas, como M1—Integrar nuevas informaciones—con un 31%, seguida ya muy de lejos por M9—Aportar ideas de manera creativa—con un 17%, M5—Aplicar modelos a situaciones novedosas— con un 14%, y por M8—Gestionar el uso de modelos— con un 10%. Finalmente, casi de forma testimonial aparecen M4—Estimar la utilidad de los modelos—y M7—Admitir el carácter evolutivo de los modelos— que solo aparecen en una única actividad. Se infiere que las facetas con menor presencia son aquellas vinculadas a la comprensión de la naturaleza de los modelos—M4 y M7— o a la gestión de los modelos disponibles—M9— es decir, aquellas relativas

a conocimientos epistémicos y a la toma de decisiones en cuanto a qué modelo usar en cada momento.

Además, al margen de las tareas de revisión de modelos, que se revelan como una constante a lo largo del diseño de enseñanza, se aprecia una disminución en la segunda mitad de las tareas de la faceta integración de nuevas informaciones — M1—. Esto parece ser coherente, dado que los inicios de las estrategias de modelización requieren que se proporcione información de ayuda para convenir sistemas de representación y referentes de la realidad con los que contrastar después los modelos iniciales y hacerlos avanzar. A cambio, se aprecia la irrupción de las tareas correspondientes a las facetas o categorías más complejas— M5, M7, M8 y M9—las cuales se aglutinan solo en la segunda mitad de la secuencia, lo cual podría ser consistente con las dimensiones de mayor dificultad.

Recursos didácticos implicados característicos de los enfoques por modelización

Por otro lado, la tabla 3 aporta una perspectiva similar a la anterior, esta vez en función de la segunda dimensión de análisis.

Puede apreciarse que en la secuencia de actividades estudiada existe un alto número de categorías asignadas también en esta dimensión, concretamente 61 categorías de recursos involucrados, lo que supone un promedio de algo más de dos recursos por actividad. También puede verse que destacan tres tipos de recursos por encima de los demás, como son, y por este orden, la realización/manejo de dibujos e imágenes (83%), el uso de modelos analógicos confeccionados *ad hoc* con materiales cotidianos (48%), palillos para representar un eje, bolas de plastilina para representar la Tierra y/o el Sol, o flexos como focos de iluminación, y el uso de maquetas, globo terráqueo, (34%). Como indica la tabla 3, tales recursos están presentes en una horquilla que va desde la tercera hasta la cuarta parte de las actividades propuestas. Con bastante menos frecuencia, en

cambio, aparecen otros recursos como la elaboración de representaciones a escala, el desarrollo de escenificaciones y/o personificaciones en el aula, la utilización de analogías o la visualización y manejo de simulaciones por ordenador. Particularmente, parece necesario incrementar el papel de las TIC en los procesos de modelización practicados, ampliando y renovando el plantel de simuladores por ordenador empleado.

Sentido global de la secuencia de actividades

Un análisis cualitativo conjunto por parte de los investigadores en torno a la secuencia de actividades del anexo 1, no permitió identificar fácilmente partes de la misma coherentes con un ciclo de modelización, al menos que cumplieran una secuencia como la planteada en la figura 1. Si bien individualmente todas las fases implicadas en dicha figura tenían una repetida presencia en la secuencia didáctica, no aparecían secuenciadas exactamente de la forma prevista. Así, la definición de un propósito para modelizar (explicación del fenómeno de las estaciones), la evocación de

Tabla 3. Frecuencias y porcentajes de abordaje de recursos prototípicos de la modelización en cada una de las actividades que conforman la secuencia didáctica (anexo 1).

Dimensiones	Número de actividades	% Respecto al total de actividades (N=29)	Ejemplos de las actividades de la secuencia didáctica indicadas en Anexo 1
R1. Dibujos e imágenes	24	82,8	Realización de dibujos (A3, A20) y manejo de ilustraciones (A5, A19)
R2. Modelos mecánicos con materiales de la vida diaria	14	48,3	Bolas de plastilina (A5), palillos (A5), flexo (A13), etc.
R3. Representaciones a escala	3	10,3	Representación a escala de la órbita terrestre (A11, A15)
R4. Analogías	2	6,9	Avance de las agujas del reloj con la rotación terrestre (A13), hula hoop con órbita (A12).
R5. Maquetas	10	34,5	Globo terráqueo (A13, A17)
R6. Escenificaciones y/o personificaciones	1	3,4	Simulación mediante gestos y movimientos corporales, el movimiento terrestre (A8, A15)
R7. Simulaciones mediante las TICs.	2	6,9	Aplicaciones TIC (A26, A27)
R8. Experimentos mentales	5	17,2	Imaginar movimientos, extrapolar situaciones, inferir situaciones no observables, etc. (A7, A8)

Fuente: elaboración propia de los autores.

conocimientos previos en el alumno (*p. ej.* actividad 1 a actividad 4; anexo 1) y su enriquecimiento con nueva información (*p. ej.* actividad 5, actividad 14); el establecimiento de modos de representación mediante dibujos (*p. ej.* actividad 8) o modelos analógicos (*p. ej.* actividad 15); la participación activa en la elaboración de modelos (*p. ej.* actividad 23 y actividad 24) o la puesta a prueba de los mismos (transversalmente a través de actividades de conflicto cognitivo y a través de las simulaciones realizadas de distinto tipo), fueron tareas ampliamente presentes a lo largo del diseño didáctico, pero sin guardar un hilo conductor como el propuesto en la figura 1.

Es posible, en este sentido, que el diseño planteado fuera susceptible de notables mejoras en este aspecto, intentando una aproximación de su estructura a la descrita en la figura 1. O bien, es posible que la modelización suponga una estrategia más compleja de lo que se prevé sobre el papel y sea difícilmente reductible a un ciclo rígido y cerrado como el que se plantea en la literatura. Sin embargo, el planteamiento de crear, poner a prueba, evaluar los resultados y comprobar expectativas o reiniciar el proceso estuvieron implícitos durante toda la propuesta didáctica. En cualquier caso, el mero hecho de contrastar el diseño objeto de estudio con el ciclo de modelización descrito, ha supuesto una ocasión provocadora de contraste y reflexión, ya rica en sí misma como oportunidad para introducir cambios en la secuencia, sin duda necesarios.

Conclusiones

Este trabajo ha servido, en primer lugar, para inferir, a partir de la bibliografía existente, un conjunto de criterios de demarcación de los enfoques de enseñanza basados en la modelización. Para ello se han establecido tres dimensiones definitorias distintas, a saber: a) las destrezas y valores relacionados con la modelización puestos en juego; b) los recursos didácticos más característicos que acompañan a estos enfoques y c) la identificación en

la secuencia de actividades de uno o varios ciclos de modelización. Tales criterios, si bien no agotan todas las opciones de demarcación posibles, resultan útiles desde el punto de vista operativo para situar diseños de enseñanza coherentes con estos enfoques o con otros parecidos. Se asume, de cualquier forma, que también existen enfoques mixtos en los que la modelización puede aparecer integrada o combinada con otros enfoques, algo no solamente posible sino necesario.

En segundo lugar, los criterios inferidos se han empleado para evaluar un diseño de enseñanza concreto dirigido al aprendizaje del modelo de las estaciones en profesores de primaria en formación inicial. La aplicación del sistema de categorías elaborado han servido, por una parte, para concluir un importante grado de adecuación del diseño didáctico planteado a la naturaleza de los enfoques de modelización, aunque solo en solo dos de las tres dimensiones consideradas; de la otra, ha permitido delimitar algunas debilidades y posibilidades de mejora en el mismo, prestando más atención a determinadas facetas de la modelización y adecuando en mayor medida la secuencia planteada a las fases de un ciclo de modelización.

En resumen, este artículo aporta, de una parte, criterios de demarcación para caracterizar los enfoques de enseñanza basados en modelización, que pueden resultar útiles desde la óptica de su clarificación teórica y con vistas a la formación del profesorado. De otro, se ofrece un ejemplo de cómo se pueden emplear tales criterios para evaluar diseños de enseñanza concretos y realizar, en consecuencia, propuestas de cambio inspiradas a partir de un determinado marco teórico.

Agradecimientos

Proyecto I+D de Excelencia "Implicación de los estudiantes en prácticas reflexivas de modelización en la enseñanza de las ciencias" (EDU2017-82518-P), aprobado y financiado por el Mineco, convocatoria de 2017.

Referencias

- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. M. y Oliva-Martínez, O. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 3(30), 155-166. DOI: <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 1-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4, nº especial, 40-49.
- Ageitos, N., Puig, B., y Calvo-Peña, X. (2017). Trabajar genética y enfermedades en secundaria integrando la modelización y la argumentación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 86-97. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.07
- Amadeu, R., y Leal, J.P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 177-188.
- Aragón, M^a. M. (2012). *Aportaciones de la enseñanza con analogías al desarrollo del pensamiento modelizador de los alumnos acerca del cambio químico* (tesis doctoral). Universidad de Cádiz.
- Bahamonde, N. y Gómez-Galindo, A. A. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(1), 129-147. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1748>
- Campanario, J. M. y Moyá, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.
- Chamizo, J. A. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 26-41. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2010.v7.i1.02
- Ducci, M., y Oetken, M. (2012). "Nerves made of iron" - electrochemical model experiments on the excitation of nerve fibre. *Journal of Science Education*, 2(13), 56-59.
- García-Rodeja, I., y Sesto, V. (2016). ¿Por qué sube el agua? Un estudio comparativo del desempeño en el uso de pruebas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 2015-229.
- Gil, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 111-121.
- Gilbert, J., Boulter, C. y Elmer, R. (2000). Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. En J. K. Gilbert y C. J. Boulter (eds), *Developing Models in Science Education* (pp. 3-17). Dordrecht: Kluwer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Gilbert, J. K., Boulter, C. y Rutherford, M. (1998). Models in explanations, Part 1: Horses for courses?, *International Journal of Science Education*, 20(1), 83-97. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_1
- Giomini C., Marrosu G. y Cardellini L. (2006). Unusual oxidation numbers in some radicalic molecules. *Journal of Science Education*, 2(7), 126-127. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069980200106>
- Gómez-Galindo, A. A., Sanmartí, N. y Pujol, R. M. (2007). Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3), 325-340.
- González-Galli, L. M., y Meinardi, E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka sobre*

- Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 435-449. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.03
- Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. y Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science conceptions of middle and high school teachers and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-882. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto “modelo mental”: Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 209-226.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencias conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía*, 7(1), 37-66.
- Halloun, I. (1996). Schematic modelling for meaningful learning of physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(9), 1019-1041. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199611\)33:9<1019::AID-TEA4>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199611)33:9<1019::AID-TEA4>3.0.CO;2-I)
- Harrison, A. G. y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. DOI: <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hernández, M. I., Couso, D., y Pintó, R. (2015). Analyzing student's learning progressions throughout a teaching sequence on acoustic properties of materials with a model-based inquiry approach. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 356-377. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9503-y>
- Izquierdo, M., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los modelos teóricos para la ciencia escolar. Un ejemplo de química. *Actas del VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, Enseñanza de las Ciencias*, nº extra.
- Jiménez-Tenorio, N. y Oliva, J. M^a. (2016a). Aproximación al estudio de las estrategias didácticas en ciencias experimentales en formación inicial del profesorado de Educación Secundaria: descripción de una experiencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 121-136.
- Jiménez-Tenorio, N., y Oliva, J.M^a. (2016b). Análisis reflexivo de profesores de ciencias de secundaria en formación inicial en torno a diferentes secuencias didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13 (2), 423-439.
- Jiménez-Tenorio, N., Aragón, L., y Oliva, J. M. (2016). Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 91-112. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1943>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- Justi, R. (2009). Learning how to model in science classroom. Key teacher's role in supporting the development of students modelling skills. *Revista de Educación Química*, 20(1), 32-40. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30005-3](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30005-3)
- Justi, R. y Gilbert, J. K. (2002). Modelling teacher's views on the nature of modelling and implications for the education of modelers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>
- Kozma R. y Russell J. (2005). Modelling students becoming chemists: Developing representational competence. En J. K. Gilbert (ed.), *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer.
- Maguregi, G., Uskola, A. y Burgoa, B. (2017). Modelización, argumentación y transferencia de conocimiento sobre el sistema inmunológico a partir de una controversia sobre vacunación en futuros docentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(2), 29-50.
- Navarrete, A. (1998). Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema “Sol/Tierra/Luna” en el contexto la

- formación inicial de maestros, *Investigación en la Escuela*, 35, 5-20.
- Navarrete, A., Azcárate, P. y Oliva, J. (2004). Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: revisión de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(3), 144-166.
- Nersessian, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. En R. N. Giere (ed.), *Cognitive Models of Science* (ppp. 3-45). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Oliva, J. M. y Aragón, M. M. (2009). Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las ciencias*, 27(2), 195-208.
- Oliva, J. M., Jiménez-Tenorio, N., Aragón, L. y Aragón-Méndez, M. M. (En prensa). La modelización como enfoque didáctico y de investigación en torno a la educación científica. *International Journal for 21st Century Education*.
- Parker, J. y Heywood, D. (1998). The earth and beyond: developing of primary teacher's understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), 503-520. DOI: <https://doi.org/10.1080/0950069980200501>
- Pérez-Gómez, G., Gómez-Galindo, A. A. y González-Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102.
- Prins, G. T. (2010). *Teaching and Learning of Modelling in Chemistry Education: Authentic Practices as Contexts for Learning* (tesis doctoral). Universiteit Utrecht.
- Schwarz, C. (2002). Is there a connection? The role of meta-modeling knowledge in learning with models. En *Proceedings of International Conference of Learning Sciences*. Seattle, WA.
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Sesto, V. y García-Rodeja, I. (2017). Estudio sobre la evolución de los modelos mentales de estudiantes de 4º de ESO cuando observan, reflexionan y discuten sobre la combustión. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(3), 521-534. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i3.02
- Torres, J. y Vasconcelos, C. (2017). Desarrollo y validación de un instrumento para analizar las visiones de los profesores sobre modelos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(1), 181-198. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i1.14
- Treagust, D. F. y Harrison, A. G. (2000). In search of explanatory frameworks: An analysis of Richard Feynman's lecture "Atoms in motion". *International Journal of Science Education*, 22(11), 1157-1170. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690050166733>
- Vilches, J. M., Benarroch, A., Carrillo, F. J., Cervantes, A., Fernández-González, M. y Perales, F. J. (2014). *Didáctica de las Ciencias Experimentales para Educación Primaria. I. Ciencias del espacio y de la Tierra*. Madrid: Pirámedes.



Anexo 1. Unidades de análisis contempladas.

SECUENCIA	Nº	ACTIVIDAD
Delimitación de propósitos y modelos previos	A1	Exploración de ideas previas sobre las estaciones.
	A2	Exploración de ideas previas sobre la duración de los días.
	A3	Exploración de ideas previas sobre la situación de los trópicos.
	A4	Análisis de respuestas de otros alumnos a las cuestiones anteriores.
	A5	Inclinación del eje.
	A6	Dos estaciones simultáneas en contexto más cercano.
	A7	Dos estaciones simultáneas.
Estudio del movimiento orbital terrestre	A8	Forma de la órbita terrestre.
	A9	Distancia entre el Sol y la Tierra (perihelio y afelio)
	A10	Diferencia entre perihelio y afelio.
	A11	Representación a escala de la órbita terrestre.
	A12	Perspectiva de la órbita terrestre (Hula-hop).
	A13	Sentido del giro de la Tierra (Globo terráqueo y flexo, reloj).
	A14	Tamaño relativo Tierra-Sol y distancias medias.
Análisis de la incidencia de los rayos solares	A15	Proporción: Tierra, Sol y distancia e incidencia con los rayos solares (Escenificación en el pasillo, simulación con bolas de plastilina).
	A16	Explicitación de la duración del día y de la noche.
	A17	Duración del día y de la noche en los solsticios Globo y flexo).
	A18	Duración del día y de la noche en los equinoccios.
	A19	Incidencia de los rayos en diferentes superficies.
	A20	Recapitulación: órbita, traslación, eje, incidencia de rayos (Globo terráqueo y eje).
	A21	Recapitulación: descripción de fechas cambio de estaciones, duración del día/noche y efecto térmico, comparación en distintos puntos del globo.
Comprensión global del fenómeno	A22	Recapitulación: intento de explicación de dichos fenómenos desde un modelo geocéntrico.
	A23	Recapitulación: segundo intento de explicación de dichos fenómenos desde un modelo heliocéntrico.
	A24	Recapitulación: tercer intento de explicación desde ambos modelos (Dibujos, simulación con globo y flexo).
	A25	Explicitar las ideas llegadas sobre las estaciones y demás fenómenos.
	A26	Simulador 1 página web "Earth Viewer"
	A27	Simulador 2 página web "NASA"
Revisión de lo aprendido	A28	Reconstrucción y análisis de la experiencia.
	A29	Prueba escrita.



Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica

Teach and learn about the nature of science through the analysis of history controversies. Results and conclusions of a didactic research project

Ensinar e aprender sobre a natureza da ciência através da análise de controvérsias históricas. Resultados e conclusões de um projeto de pesquisa didática

Adriana Patricia Gallego Torres¹

Resumen

Se presenta una reseña del libro escrito por los investigadores José Antonio Acevedo-Díaz, Antonio García-Carmona y María del Mar Aragón-Méndez, titulado *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia*.

Palabras clave: naturaleza de la ciencia, historia de la ciencia, controversias científicas.

Abstract

This article presents a review of the book written by the researchers José Antonio Acevedo-Díaz, Antonio García-Carmona and María del Mar Aragón-Méndez, entitled *Enseñar y aprender sobre*

naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia.

Keywords: nature of science, history of science, scientific controversies.

Resumo

Este artigo apresenta uma revisão do livro escrito pelos pesquisadores José Antonio Acevedo-Díaz, Antonio Garcia-Carmona e María del Mar Aragón-Méndez, intitulado *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia*.

Palavras-chaves: natureza da ciência, história da ciência, controvérsias científicas.

¹. Docente, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. adpgallegot@udistrital.edu.co

Reseña del libro

DOCUMENTOS DE TRABAJO DE IBERCIENCIA | N.º 5

Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia

Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica

José Antonio Acevedo-Díaz
Antonio García-Carmona
María del Mar Aragón-Méndez

José Antonio Acevedo-Díaz /
Antonio García-Carmona /
María del Mar Aragón-Méndez
Edición realizada con el apoyo de la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía, Madrid: OEI. ISBN: 9788476662229



iberciencia

El propósito de este libro es fomentar un debate crítico y constructivo sobre cómo reconceptualizar la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica. Para ello, se plantea la implementación de textos de controversias de la historia de la ciencia (HDC), encaminadas a integrar de manera explícita y reflexiva la NDC en el currículo de ciencias, de forma que contribuya a la comprensión de aspectos epistémicos y no-epistémicos de esta.

Fundamentos conceptuales

Naturaleza de la ciencia

En este apartado los autores hacen un análisis riguroso sobre las diferentes posturas que se han

trabajado alrededor de la NDC en los últimos años. La llegan a definir como:

[...] un meta-conocimiento sobre la ciencia, que proviene de las reflexiones interdisciplinarias planteadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia, y por parte de algunos científicos y educadores de ciencia. Puesto que la ciencia es poliédrica y dinámica, no es fácil definir con precisión el concepto de NDC; aunque, de manera muy general, puede decirse que trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma particular de construcción de conocimiento sobre el mundo físico o natural. (Acevedo y García-Carmona, 2016)

Los autores plantean la necesidad de comprender la relación existente entre la NDC y la cultura

científica, que incluye diferentes saberes y nociones sobre la ciencia, sus métodos, desarrollos y las influencias mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS).

De igual manera, en el libro se afirma de forma muy acertada que:

Una buena comprensión de la NDC es condición necesaria, pero insuficiente para que el profesorado de ciencia incorpore a sus clases contenidos de NDC; hace falta mucho más. Es frecuente que profesores que han logrado adquirir una comprensión bien informada y actualizada de algunos aspectos básicos de la NDC no intentan luego enseñarlos de manera explícita y reflexiva, o adoptan enfoques poco fructíferos para ello.

Historia de la ciencia

Desde hace varias décadas, diversos investigadores han recalcado la importancia de incluir la HDC en el currículo de ciencia escolar como herramienta para contribuir a la comprensión de la NDC. Una de las formas de trabajar la HDC en el aula de clase es mediante controversias científicas, debido a que no solamente intervienen los aspectos epistémicos científicos, sino que también propicia la oportunidad de considerar también los aspectos no-epistémicos de la NDC. La propuesta que desarrolla el libro acude al uso de las controversias científicas desde un análisis crítico-reflexivo de los aspectos reconocibles en las narraciones de las controversias de HDC propuestas para tal fin.

Aspectos metodológicos de la propuesta

Dando respuesta al propósito general de la investigación, se escogieron cuatro controversias científicas. En estas se plantean diversas cuestiones sobre aspectos epistémicos y no-epistémicos de NDC reconocibles en las narraciones, que los autores definen de forma clara y precisa. En concreto, las controversias son las siguientes:

- Semmelweis y la fiebre puerperal.
- La controversia entre Pasteur y Liebig sobre la fermentación.
- Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN.
- La controversia entre Pasteur y Pouchet sobre la generación espontánea.

La propuesta metodológica planteada formula aspectos relacionados con la investigación cualitativa y destaca la confirmabilidad y la credibilidad que aportan este tipo de estudios. Los diseños experimentales planteados incluyen una ruta de trabajo y una rúbrica de evaluación para cada uno los siete estudios realizados: cuatro en la formación inicial del profesorado de ciencias de educación secundaria y tres en la educación científica de estudiantes de educación secundaria (Sistema Educativo de España-ESO y bachillerato; edades entre 16 y 18 años).

Una vez analizadas cada una de las implementaciones en el aula, los autores establecen las conclusiones y exponen las principales implicaciones educativas del proyecto llevado a cabo.

A manera de conclusión

Los autores presentan un desarrollo teórico sobre la NDC. Este parte de una exhaustiva revisión crítica de las propuestas planteadas en las últimas décadas, que reflejan falencias estructurales al basarse principalmente en la construcción de los conocimientos. Lo anterior, desde una base epistemológica, y se propone un enfoque innovador que incluye no solo los aspectos epistemológicos propios de la ciencia y sus métodos, sino también los no-epistemológicos.

La propuesta educativa que desarrollaron se basa en el uso de controversias de HDC para enseñar y aprender sobre NDC desde un enfoque explícito y reflexivo, tanto en la educación secundaria como en la formación inicial del profesorado de ciencias de educación secundaria.

Los resultados obtenidos en el estudio les permitieron afirmar que la propuesta contribuye al

desarrollo de una alfabetización científica más completa; porque muestran que la NDC es un meta-conocimiento clave de la cultura científica. Esta se construye a partir de las aportaciones de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia.

El libro representa un gran aporte teórico y metodológico al campo de conocimiento denominado NDC. Sus reflexiones y contribuciones constituyen un modelo para trabajar la historia de la ciencia en el aula de educación secundaria y en la formación de docentes.

El libro se encuentra disponible en www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Ensenar-y-aprender-sobre-naturaleza-de-la-ciencia-mediante-el-analisis-de

Referencia

Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13(1), 3-19.

REVISTA CIENTÍFICA

Enfoque y alcance

La **Revista Científica** publica artículos científicos, revisados por pares, cubriendo todos los aspectos de la ingeniería y la educación científica. Nuestro objetivo es difundir investigaciones originales, útiles y relevantes que presenten nuevos conocimientos sobre aspectos teóricos o prácticos de las metodologías y métodos usados en ingeniería o conducentes a la mejora de la práctica profesional, así como también artículos originales sobre investigaciones en educación en física, química, biología, tecnología o ingeniería. Todas las conclusiones presentadas en los artículos deben estar basadas en el estado actual del conocimiento y soportadas por un análisis riguroso y una evaluación equilibrada.

Dadas las políticas de Colciencias y los índices internacionales, solo se publicará un 30% de artículos de miembros de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Alcance geográfico: Nacional e Internacional.

Índice de rechazo: 52 % 2016-2017

Proceso de evaluación por pares

Los artículos convocados para las Revista Científica del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico CIDC de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, se someten a evaluación por parte de pares académicos, internos y externos, nacionales e internacionales, expertos en las temáticas, bajo la modalidad de doble ciego.

Fases del proceso de revisión por pares

Fase 1: El artículo es revisado por el editor, para verificar que cumple con las políticas de la revista y las normas para autores, los artículos que cumplen,

son revisados por el comité editorial para evaluar la calidad de los mismos y se seleccionan aquellos que son de investigación y revisión, para ser enviados a pares evaluadores.

Fase 2: Se envía el artículo a los pares evaluadores, quienes contarán con un tiempo máximo de un mes para enviar su dictamen de la obra.

Fase 3: Una vez enviado el dictamen por parte de los pares, se procede a reenviar las sugerencias a los autores, contarán con un tiempo aproximado de dos semanas para enviar las correcciones a partir de la fecha de envío.

Fase 4: Si las evaluaciones son positivas, el Comité Editorial decide la publicación del artículo. Por el contrario, si son negativas, se rechaza. En caso de un dictamen positivo y uno negativo, se envía a un tercer par y según su evaluación se tomará una decisión editorial.

Frecuencia de publicación

La **Revista Científica** tiene una periodicidad cuatrimestral. Se recibirán artículo por medio de 3 convocatorias al año y los números serán visibles **el primero de enero, primero de mayo y primero de septiembre.**

Política de acceso abierto

La revista edita sus contenidos bajo la modalidad de *Open Acces*, esta es una manera de difundir la producción académica, en la cual el acceso libre debe ser garantizado por la revista sin restricciones al momento de su publicación en línea.

Este movimiento Aboga por la supresión de barreras que limiten el acceso al fruto de la investigación como un bien universal al que todos tienen derecho, permitiendo a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o

usar con cualquier propósito legal, de manera gratuita sin ninguna barrera financiera, legal o técnica fuera de lo que es acceder a Internet con el fin de Proporcionar a los autores y a su obra un nuevo escenario, donde difundirla y darle mayor visibilidad e impacto. La única limitación en cuanto a reproducción, distribución y copyright será dar a los autores el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho de ser adecuadamente reconocidos y citados.

Misión

La misión de la **Revista Científica** es difundir artículos originales, de calidad técnica y científica elaborados por los miembros de la comunidad académica y profesional nacional e internacional, producto de proyectos de investigación en las áreas de las ciencias, las ingenierías y la educación científica, así como artículos de revisión y actualización, u otros trabajos que contribuyan al conocimiento y desarrollo del país.

Proceso Editorial

Todos los artículos serán sometidos a detección de plagio por medio del software Turnitin, cuando éste se detecte total o parcialmente, el texto no accederá al proceso editorial y se le notificará al autor.

Son criterios excluyentes para la aceptación de los documentos:

- El tema no corresponde al campo temático de la revista.
- No emplea el tipo de referencia y citación *American Psychological Association* (APA)
- No se envía el escrito en el soporte requerido (formato Microsoft Word).
- El autor(es) han publicado en el último año en la Revista Científica.
- El trabajo es enviado fuera de la convocatoria.
- No cumple con las normas para los autores.

Los artículos susceptibles de publicación pasarán a revisión por pares académicos, una vez estos emitan su apreciación, remitiremos las sugerencias al autor, quien deberá en un tiempo establecido por el Comité editorial, ajustar el manuscrito, o si es el caso, argumentar la no realización de los ajustes.

Proceso de arbitraje

- Una vez cerrada la convocatoria el Comité Editorial hace una primera revisión, después de la cual, **el trabajo puede ser rechazado sin evaluación** adicional sino cumple con las políticas de la revista o se acepta para la evaluación de los pares evaluadores. Por lo anterior, no se asegura a los autores la publicación inmediata de dicho artículo. **La decisión de rechazar un trabajo es definitiva e inapelable.**
- Los trabajos pueden ser rechazados en esta primera evaluación porque no cumplen con los requisitos de redacción, presentación, estructura o no son suficientemente originales y/o pertinentes con la publicación a editar.
- Los trabajos que son aceptados en esta primera etapa, inician la evaluación mediante el proceso de **“doble ciego”**, los artículos son enviados a los pares expertos en el área respectiva, cuyas identidades no serán conocidas por el autor y, a su vez, los pares evaluadores tampoco conocerán la(s) identidad(es) del(los) autor(es).
- En cuanto se reciben todos los resultados de las evaluaciones, el Comité Editorial se reúne y define la respuesta sobre el proceso de evaluación del artículo y comunica cualquiera de las siguientes respuestas:

Aceptado para publicación sin modificaciones: el artículo se publicará tal cual se ha recibido y solo se harán correcciones de ortografía y estilo.

Aceptado para publicación con correcciones menores: el trabajo será publicado una vez los autores realicen las correcciones menores sugeridas por los evaluadores. Estas serán revisadas por el

comité editorial, quienes decidirán si estas son aceptadas o no.

Rechazado: El artículo no se recomienda para publicación.

- Si el trabajo es aceptado, pero con la recomendación de hacer modificaciones, se le devolverá al (los) autor(es) junto con las recomendaciones de los árbitros para que preparen una nueva versión corregida para lo cual disponen del tiempo que le indique el Comité Editorial, en un plazo máximo de 15 días calendario.
- Los trabajos se reciben por convocatoria, los trabajos que lleguen una vez cerrada la convocatoria serán trasladados a la siguiente convocatoria y la revisión inicial se realizará una vez cerrada la siguiente convocatoria. Por lo tanto, se recomienda que ajuste sus envíos a las convocatorias.
- Los trabajos no publicados serán archivados como artículos rechazados.
- La Revista Científica trabaja en línea con las políticas definidas por Colciencias.

Guía para Evaluadores

Los artículos sometidos a ser publicados en la Revista Científica serán evaluados por dos pares expertos y anónimos. Cada evaluador deberá leer atentamente el manuscrito y emitir un informe justificado y argumentado entorno a la conveniencia o no de su publicación, incluyendo sugerencias y orientaciones para su mejora cuando sea.

Las dimensiones a tener en cuenta son las siguientes:

1. Claridad, relevancia y novedad del tema y del problema analizado.
2. Fundamentos (Marco teórico y antecedentes)
3. Metodología y análisis de datos.
4. Estructuración del discurso (argumentación, coherencia, hilo conductor)

5. Cumplimiento de las normas de la Revista (título, del resumen y de las palabras claves en español, inglés y portugués) <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#authorGuidelines>
6. Formato, presentación y extensión.
7. Otros que considere el par.

La evaluación concluirá con una de las siguientes decisiones:

- a) Publicar sin modificaciones; b) Publicar con modificaciones; c) No publicar.

A continuación, encontrará el formato de evaluación:

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/11468>

Gracias por su colaboración
Comité Editorial

Ética y buenas prácticas de publicación

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el Centro de Investigaciones Científicas CIDC y el Comité Editorial de la revista con el propósito de mantener la calidad científica y académica de las publicaciones, establece los siguientes principios éticos, promulgados por el *Committee on Publications Ethics-COPE*, así como por los estándares éticos y legales del Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association (APA)* 6ta edición, estas buenas prácticas deben ser llevadas a cabo tanto por los autores, el Comité Editorial y la Institución.

Responsabilidades de los autores

En caso de ser necesario, el autor debe presentar en el artículo la información pertinente (organismos de financiación, afiliación institucional, participantes, etc.) que autoriza su publicación en repositorios u otras formas de almacenamiento.

Declarar la originalidad del manuscrito, hacer uso de la información como lo demanda los derechos de autor.

En caso de ser necesario, garantizar que los estudios realizados en humanos u otras especies cumplen con la normatividad nacional e internacional. Para tal fin, debe presentar la prueba de consentimiento informado.

Declarar cualquier posible conflicto de interés.

El autor debe advertir al Comité Editorial sobre cualquier error significativo en el artículo publicado para que sea subsanado mediante una *fe de erratas*, adenda, carta al editor o retiro de la publicación.

En caso de detectarse plagio, suplantación de información u omisión de la misma, el autor está obligado a retractarse públicamente y dependiendo de la gravedad de la falta, se estimará el retiro o corrección de la publicación.

Responsabilidad del Comité Editorial

El Comité Editorial de la Revista Científica actúa objetivamente en el desempeño de sus labores, evitando cualquier tipo de discriminación motivada por razones de género, sexo, religión, condición étnica o ubicación geográfica de los autores.

Establece procesos claros y transparentes para los casos de denuncia de tipo ético o de conflicto de interés. Todos los reclamos serán estudiados y se permitirá a los autores responder a ellos en un plazo razonable.

Asegura la confidencialidad de la información y de los procesos editoriales. Asimismo, evita publicar artículos que presenten las siguientes irregularidades:

- Conflicto de interés.

- No sean originales.
- Falsifiquen o adulteren la información.
- Publicación fragmentada.
- Con plagio o autoplagio.
- Exceso de autocitas y referencias no citadas.
- Las publicaciones de los miembros del Comité Editorial y el Comité Científico están restringidas.

Responsabilidad de la institución editora

El Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas velará por la ejecución de buenas prácticas éticas y editoriales en todas sus publicaciones.

Identificación de comportamiento no ético

Si se detecta una mala conducta ética, la denuncia debe estar apoyada en pruebas suficientes que permitan iniciar el proceso de investigación. Se debe seguir el debido proceso, así como mantener los criterios de confidencialidad de la información. El Comité Editorial de la Revista Científica finalizará el proceso con una decisión que será informada al autor o autores implicados y se tomarán las medidas pertinentes para la resolución del caso.

Las infracciones

Leves:

Las faltas menores serán tratadas directamente con el autor para que en un plazo establecido responda a las acusaciones.

Graves:

Las faltas graves pueden requerir algunas de las siguientes acciones:

- Informar sobre la mala conducta y tomar medidas para evitar errores futuros.

- Publicación de notificación formal detallando la mala conducta.
- Publicación editorial que detalla el comportamiento no ético.
- Carta formal al autor y a la institución financiadora.
- Retracción formal o retiro del artículo, previa información al autor, servicios de indexación y lectores de los motivos de la decisión.
- Informar sobre el caso y el resultado a una organización profesional o autoridad superior para una mayor investigación y acción.

Propiedad Intelectual

El (los) autor(es) al enviar su artículo a la Revista Científica certifica que su manuscrito no ha sido, ni será presentado ni publicado en ninguna otra revista científica. Al enviar el artículo acepta igualmente, que para su publicación transferirá los derechos a la revista, quien puede divulgarlo en versión impresa o electrónica.

Para tal fin se encuentra dispuesto el *Formato cesión de derechos de autor*, que debe ser enviado firmado por la totalidad de los autores y en formato PDF.

Publicación sin ánimo de lucro

Dentro de las políticas editoriales establecidas para la Revista Científica en ninguna etapa del proceso editorial se establecen costos, el envío de artículos, la edición, publicación y posterior descarga de los contenidos es de manera gratuita dado que la revista es una publicación académica sin ánimo de lucro.

Historia

La Revista fue creada en 1999 por Vicerrectoría de Investigación, Innovación, Creación, Extensión y Proyección Social, con la intencionalidad

de publicar artículos relacionados con los desarrollos científicos y tecnológicos.

Indexación

- Academic Journal Database
- DOAJ Directory of Open Access Journals
- EMERGING SOURCES CITATION INDEX- Thomson Reuters
- REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico)
- Actualidad Iberoamericana
- EBSCO Fuente Academica Premier Plus
- EBSCO Academic Search Premier
- LATINDEX
- PUBLINDEX
- ERIH PLUS
- (OAJI)
- WorldCat
- Journal TOCS
- Google metrics

Other indexes: find ejournal (Universidad de Chicago), ent (Universidad de Strasbourg), [Dialnet](#), [MIAR](#), [BASE](#), [NEBIS](#) (recherche Zürich), [Periodica](#), [Clase](#), [Google Scholar](#), [Sherpa/Romeo](#), [Dulcinea](#), [BIU Santé](#), [WILBERT](#) (Wildauer Bücher+E-Medien Recherche-Tool), [SUN-CAT](#), [JiFactor](#), [Scientific Indexing Services](#), [IIIF](#)

REVISTA CIENTÍFICA

Focus and Scope

The **Revista Científica** of the University Francisco José de Caldas, is sponsored by the Center for Research and Scientific Development, the journal publishes scientific papers, peer-reviewed, covering all aspects of engineering and natural science education. Our goal is to disseminate original, useful and relevant research to present new knowledge about theoretical and practical aspects of the methodologies used in natural sciences and engineering methods.

The **Revista Científica** is indexed and abstracted in PUBLINDEX category B (National System of Indexing Colombian Scientific Journals) in Latindex (Directory of Scientific Publications in Latin America). It is found in databases such as: e-revist @ s, Latin American News, DOAJ and Academic Journal Database (EBSCO), Periodica, Google Scholar, Fuente Academica Premier Plus.

Peer Review Process

All the articles will be subject to plagiarism detection through the software Turniting Detector. If there is any detection in all or part of the document, the text does not pass to editorial process and the author will be notified.

They following are the particular criteria for acceptance of the documents:

- The issue is not related to the subject area of the journal.
- It does not use the reference and citation by the American Psychological Association (APA)
- The article is not written in the required format (Microsoft Word).
- The author (s) has published in the last year in the journal.
- The article is sent out of the call due date.
- It does not meet standards for authors.

Articles that could be published will be submitted to evaluation by academic peers. Once they send their possible conclusions, we will forward those to the authors, who must deliver the article to the Editorial Board, including the suggested adjustments or the reasoning for avoiding them.

Finally, once contrasted the changes by the Editorial Board, the article is approved for publication and the author is notified about the number and the respective volume.

Publication Frequency

The Journal has three times a year periodicity the numbers circulate the months of January, May and December.

Open Access Policy

Non-profit publication

Within the editorial policies established for the journal, at any stage of the editorial process will be charges; sending articles, editing, publishing and subsequent submission of the contents are free, because the journal is a non-profit, academic publication.

Scope

The **Revista Científica** of the University Francisco José de Caldas, is sponsored by the Center for Research and Scientific Development, the journal publishes scientific papers, peer-reviewed, covering all aspects of engineering and natural science education. Our goal is to disseminate original, useful and relevant research to present new knowledge about theoretical and practical aspects of the methodologies used in natural sciences and engineering methods.

Readership

Engineering, science, technology and, science education researchers and science educators worldwide.

Referee Guidelines

The articles submitted to be published in the Scientific Journal will be evaluated by two expert and anonymous reviewers. Each evaluator should carefully read the manuscript and issue a justified and reasoned report on the appropriateness of publication, including suggestions and guidelines for improvement.

The dimensions to take into account are the following:

1. Clarity, relevance and novelty of the subject and the problem analyzed.
2. Foundations (Theoretical framework and antecedents)
3. Methodology and data analysis.
4. Structure of discourse (argumentation, coherence, guiding thread)
5. Compliance with the rules of the Journal (title, abstract and key words in Spanish, English and Portuguese) <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#AuthorGuidelines>.
6. Format, presentation and extension.
7. Others that consider the pair.

The evaluation will conclude with one of the following decisions:

- A. Publish without modification;
- B. Publish with modifications;
- C. Not to publish.
- D.

Below you will find the evaluation format <Http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/article/view/11468>

Thank you for your cooperation.

Editorial committee

Good practice and Ethical standards

With the purpose of maintaining the scientific and academic quality of publications, District University Francisco José de Caldas, the Scientific Research Center – CIDC, and the Editorial Board of the magazine, establishes the following ethical principles developed by the Committee on Publication Ethics-COPE, as well as the ethical and legal standards included in the APA's sixth edition publication guidelines. These good practices should be

carried out by the authors, the Editorial Board and the institution.

Authors Responsibilities

In case of necessary, the author should submit in the Article the relevant information (funding agencies, institutional affiliation, participants, etc.) authorizing its publication in repositories or other forms of storage.

Certification of the originality of the paper; make use of information as demanded by copyright.

In case of necessary, ensure that studies in humans or other species comply with national and international standards. To this end, provide proof of informed consent.

Declare any potential conflict of interest.

The author should report the Editorial Board on any significant error in the article to be corrected with the publication of an erratum, appendix, notice or correction.

In case of plagiarism, theft or omission of information, it is mandatory that the author retract publicly and depending on the seriousness of the offense, will be considered a removal or correction of the publication.

Editorial Board responsibilities

The Editorial Board of the journal acting objectively, without any sexual, religious discrimination, political, origin or ethics of the authors.

Follow proper procedures to resolve any ethical complaints or conflicts of interest. All the complaints will be subject of study and will allow the author response in a reasonable time.

Maintain the confidentiality of the data supplied and the editorial process. Also, to avoid

the publication of any article with the following irregularities:

- Conflict of interest.
- Not original articles.
- Falsification or erroneous data.
- Fragmented publication.
- Containing plagiarism or self-plagiarism.
- Excessive citation or references not cited.
- Publications of the Editorial Board and The Scientific Committee are restricted.

Editor responsibilities

The Scientific Research and Development Center and District University Francisco José de Caldas will ensure that ethical standards and good practices are fully implemented.

Identification of unethical behavior

If unethical behavior is detected, the complaint must be supported by sufficient evidence to initiate the investigation process. It must follow the due process and maintain the criteria for confidentiality of information. The Editorial Board of the journal may conclude the process with a decision that will be reported to the author involved in the situation, and the appropriate actions will be taken.

Severities of Unethical behavior

Misdemeanor: will be treated initially directly by the author in a limited period of time to answer.

Serious offense:

Serious offenses may require some of the following actions:

- Report the offense and take the steps to prevent future errors.
- Publication of formal notice detailing the unethical behavior.

- Editorial publication detailing the unethical behavior.
- Formal letter to the author and the entity supporting the research.
- Formal retraction or remove the article, having informed the author, indexing services and readers about the reasons for the decision.
- Report the case and the result to a professional organization or higher authority for further investigation and action.

Intellectual Property

The author (s) by submitting their article to the journal, certify that the paper has not been, and will be submitted or published in any other scientific journal. By submitting the article also accepts that he will transfer the rights to the journal for the publication, who can use it in printed or electronic version.

To this end, it is available the format: Transfer of copyright, which must be sent signed by all the authors and in PDF format.

Non-profit publication

Within the editorial policies established for the journal, at any stage of the editorial process will be charges; sending articles, editing, publishing and subsequent submission of the contents are free, because the journal is a non-profit, academic publication.

History

The magazine was created in 1999 by the Vice-Rector for Research, Innovation, Creation, Extension and Social Projection, with the intention of publishing articles related to scientific and technological development.

Indexing

- Academic Journal Database
- DOAJ Directory of Open Access Journals

- EMERGING SOURCES CITATION INDEX- Thomson Reuters
- REDIB (Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico)
- Actualidad Iberoamericana
- EBSCO Fuente Academica Premier Plus
- EBSCO Academic Search Premier
- LATINDEX
- PUBLINDEX
- ERIH PLUS
- (OAJI)

- [WorldCat](#)
- [Journal TOCS](#)
- [Google metrics](#)

Other indexes: find ejournal (Universidad de Chicago), ent (Universidad de Strasbourg), [Dialnet](#), [MIAR](#), [BASE](#), [NEBIS](#) (recherche Zürich), [Periodica](#), [Clase](#), [Google Scholar](#), [Sherpa/Romeo](#), [Dulcinea](#), [BIU Santé](#), [WILBERT](#) (Wildauer Bücher+E-Medien Recherche-Tool), [SUN-CAT](#), [JiFactor](#), [Scientific Indexing Services](#), [IJIF](#)

Directrices para autores/as

Recepción de artículos

Los artículos presentados pueden ser de carácter teórico, técnico o de aplicación, deben ser producto de una investigación, una experiencia práctica de la profesión o revisión de un tema específico, relacionado con las ciencias naturales, la ingeniería, las matemáticas, las tecnologías y la educación científica, los cuales serán sometidos a un proceso de doble arbitraje ciego que evaluará la originalidad del texto, su desarrollo, la calidad de su argumentación y su relevancia. Los autores cuyos artículos sean publicados ceden los derechos a la Revista y al Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y se hacen responsables de las opiniones y afirmaciones que en ellos contengan.

Envío de artículos: Los artículos deben ser enviados a través de plataforma OJS <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#onlineSubmissions>

Consideraciones para la preparación del artículo

El artículo enviado debe ser inédito (no sometido al mismo tiempo a ninguna otra revista). Los autores son responsables del contenido del documento. La autenticidad de la información incluyendo figuras, tablas y citas bibliográficas es responsabilidad completa del autor o de los autores.

Extensión: Los artículos tendrán una extensión máxima de 20 páginas incluyendo la bibliografía a **espacio 1,5** y letra Times Román 12 en formato Word.

Títulos: Sugerimos que los títulos no excedan de 15 palabras. Este debe incluir su traducción al inglés y al portugués.

Resumen: Debe mencionar el objetivo central del trabajo, metodología usada en la toma de datos, resultados más importantes y conclusiones. No debe exceder las 250 palabras y su correspondiente traducción al inglés y portugués.

Palabras claves: 5 a 7 palabras claves diferentes a las usadas en el título organizadas alfabéticamente, y su correspondiente traducción al inglés y portugués. Se recomienda el uso de tesauros específicos de acuerdo al tema del artículo. Ejemplos: The CAB thesaurus, base de Scielo.

Información de los autores: Todos los autores deben incluir sus nombres completos, la institución a la que pertenecen y el correo institucional. Ejemplo: Adriana Patricia Gallego Torres¹ Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá – Colombia. Contacto: adpgallegot@udistrital.edu.co

Gráficos y Tablas: Todas las ilustraciones incluyendo fotos, diagramas, mapas y gráficas, se clasifican como figuras, incluirlas dentro del texto con su respectiva fuente, deben ir debidamente numeradas y enviarlas en un archivo adjunto en formato .jpp ó .tiff con una resolución mínima de 300 dpi. Cite cada figura y tabla en el texto de acuerdo al orden de aparición.

Bibliografía: Es necesaria y se ubica al final de cada artículo. Va ordenada alfabéticamente por el apellido del autor, debe ir en normas APA recientes.

Agradecimientos al final del texto: indicar las fuentes de financiación y/o apoyos recibidos. Enviar la hoja de vida de sintetizada (máximo 2 páginas) de los autores.

Por políticas editoriales la Revista Científica NO acepta artículos de autores que previamente han publicado durante el periodo de medición de Publindex. Ni artículos enviados en la misma convocatoria.

Lista de comprobación para la preparación de envíos

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

1. El artículo no ha sido publicado previamente, ni se ha presentado a otra revista simultáneamente.
2. El fichero enviado está en formato Open Office, Microsoft Word, RTF, o WordPerfect.
3. Se ha incluido la información completa de los autores, filiación institucional, país, correo electrónico institucional en el formulario web, NO en el archivo.
4. Las imágenes deben estar incluidas en el texto y enviadas por separado en alta resolución.
5. **Extensión:** Los artículos tendrán una extensión máxima de 20 páginas incluyendo la bibliografía a **espacio 1.5** y letra Times Román en formato Word.
6. El texto cumple con los requisitos bibliográficos y de estilo indicados en las Normas para [autoras/es](#), que se pueden encontrar en Acerca de la revista.
7. El artículo está escrito a una sola columna e incluye el título, las palabras clave y el resumen traducido al inglés y portugués, utiliza normas APA.
8. Adjuntar cartas de [derecho autor](#) y de originalidad
9. Usted no ha publicado con nosotros en los últimos tres números.
10. **Si no cumple con alguno de los ítems su artículo será rechazado por el comité.**

Aviso de derechos de autor/a

El (los) autor(es) al enviar su artículo a la Revista Científica certifica que su manuscrito no ha sido, ni será presentado ni publicado en ninguna

otra revista científica. Al enviar el artículo acepta igualmente, que para su publicación transferirá los derechos a la revista, quien puede divulgarlo en versión impresa o electrónica.

Dentro de las políticas editoriales establecidas para la Revista Científica en ninguna etapa del proceso editorial se establecen costos, el envío de artículos, la edición, publicación y posterior descarga de los contenidos es de manera gratuita dado que la revista es una publicación académica sin ánimo de lucro.

Declaración de privacidad

La revista Científica se acoge a las disposiciones Hábeas Data en la Ley Estatutaria 1266 de 2008. Los nombres y direcciones de correo electrónico se usarán exclusivamente para los fines declarados por la revista y no estarán disponibles para ningún otro propósito u otra persona.

Author Guidelines

SUBMIT

Articles submitted for publication may be theoretical, technical and implementation nature, must be the result of research, practical experience of the profession or review of a specific topic related to the natural sciences, engineering, mathematics, technologies and science education, which will undergo a double-blind arbitration process that will assess the originality of the text, its development, the quality of its reasoning and its relevance. Authors whose articles are published grant the rights to the Journal and the Center for Research and Scientific Development at the University Francisco José de Caldas and responsible for the opinions and statements they contain are made.

Shipping Item: Items must be sent through OJS platform <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/about/submissions#onlineSubmissions>

CONSIDERATIONS FOR ARTICLE

The paper submitted must be original (not submitted simultaneously to any other journal). The authors are responsible for the content of the document. The authenticity of the information, including figures, tables and citations is complete responsibility of the author or authors. Extension: Items have a maximum length of 20 pages including references to space and 1.5 point Times Roman 12 in Word format.

Titles: We suggest that do not exceed 15 words. This should include a translation into English and Portuguese.

Abstract: You must mention the focus of the work methodology used in data collection, most important results and conclusions. Should not exceed 250 words and its translation into English and Portuguese.

Keywords: five to seven different from those used in the title keywords organized alphabetically, and its translation into English and Portuguese. The use of specific thesauri according to the subject of the article is recommended. Examples: The CAB thesaurus, base Scielo

Authors information: All authors should include their full names, the institution to which they belong and institutional mail

Graphs and Charts: All including photos, diagrams, maps and charts, illustrations are classified as figures in the text to include with their respective Fuente, must be properly numbered and sent in an attachment .jpp or .tiff format with a resolution minimum of 300 dpi. I cite each figure and table in the text according to order of appearance.

Bibliography: Required and is located at the end of each article. It is arranged alphabetically by author's last name, you must go in recent APA standards <http://www.apastyle.org/index.aspx>.

Acknowledgements must go to the end of the text and indicate the sources of funding and / or support received.

Send the resume synthesized (maximum 2 pages) of the authors.

For editorial policies Scientific journal does not accept articles from authors who have previously posted during the measurement period Publindex. Or items shipped in the same call.

Submit on line: <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/revcie/index>

Submission Preparation Checklist

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

As part of the submission process, authors are required to check off their submission's compliance with all of the following items, and submissions may be returned to authors that do not adhere to these guidelines.

1. The article has not been previously published or submitted to another journal simultaneously.
2. The file is sent in Open Office, Microsoft Word, RTF, or WordPerfect format.
3. It is included all the necessary information on the authors, institutional affiliation, country, institutional email.
4. Articles should be no longer than 20 pages including references to space 1.5 and Times Roman font in Word format. Additionally, there should be included all images in the document and in individual files.
5. The text meets the style and bibliographic requirements outlined in the Author Guidelines which can be found in "About the Journal".

6. The article is written to a single column and includes the title, keywords and abstract translated into English and Portuguese and using APA standards.
7. The article is about a research or review and refers to the research project.
8. Attach letters of copyright (derecho autor) and originality.
9. Not having published with us in the last three numbers.
10. Failure to comply with any of the items your article will be rejected by the committee.

Copyright Notice

Authors Responsibilities

In case of necessary, the author should submit in the Article the relevant information (funding agencies, institutional affiliation, participants, etc.) authorizing its publication in repositories or other forms of storage.

Certification of the originality of the paper; make use of information as demanded by copyright.

In case of necessary, ensure that studies in humans or other species comply with national and international standards. To this end, provide proof of informed consent.

Declare any potential conflict of interest.

The author should report the Editorial Board on any significant error in the article to be corrected with the publication of an erratum, appendix, notice or correction.

In case of plagiarism, theft or omission of information, it is mandatory that the author retract publicly and depending on the seriousness of the offense, will be considered a removal or correction of the publication.

Privacy Statement

The Revista Científica runs under the general standards of the Habeas Data, contained in Statuary Law 1266 from 2008, for the management of information contained in the personal Databases.