



UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Científica

Numero 30 (3)

Septiembre-Diciembre de 2017

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Ciencias y Educación

ISSN 0124-2253
e-ISSN 2344-2350

Rector

Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (E)

Vicerrector académico

Dr. Giovanni Rodrigo Bermúdez Bohórquez

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

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 B (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

- La comunicación pública de la ciencia y la tecnología 154
Public communication of science and technology
Adriana Patricia Gallego-Torres, Jaime Duvan-Reyes

EDUCACIÓN CIENTÍFICA

- Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica 155-166
Scientific models: meaning and role in scientific practice
José Antonio Acevedo-Díaz, Antonio García-Carmona, María del Mar Aragón-Méndez, José María Oliva-Martínez
- Problemas que dificultan una mejor utilización de la Didáctica de las Ciencias en la formación del profesorado y en la enseñanza secundaria 167-180
Problems that hinder a better use of Science Education in the teacher's training and Secondary Education
Jaime Carrascosa-Alís, M. Consuelo Domínguez-Sales
- Análisis de problemas en estadística y probabilidad en libros de texto de segundo año de educación secundaria 181-194
An analysis of problems in statistics and probability in second year educational text books
Nicolás Andrés Sánchez
- Concepciones de tecnología en docentes universitarios de ciencias 195-206
Conceptions of Technology in University Teachers of Sciences
Néstor Roberto Cardoso-Erlam, Edna Eliana Morales-Oliveros

CIENCIA E INGENIERÍA

- Optimización utilizando lógica difusa de dispositivo de análisis de componentes químicos de ingredientes naturales basados en el internet de las cosas IoT 207-223
Optimization using diffuse logic of analysis device for chemical components of natural ingredients based on the internet of things IoT
Karen Vanessa Angulo-Sogamoso, Danilo Gustavo Gil-Sierra, Octavio José Salcedo-Parra
- Recubrimiento comestible natural con base en Aloe vera como estrategia de conservación de Psidium guajava 224-236
Natural edible coating based on Aloe vera as a conservation strategy of Psidium guajava
George Adalberto García-Mera, Carlos Alfredo Salas-Macías, Heydi Gwendoline Canales-Torres
- Control de un convoy robótico mediante planificación de rutas y estrategias de orientación 237-251
Control of a robotic convoy through path planning and orientation strategies
Giovanni Rodrigo Bermudez-Bohorquez, Christian Anderson Mancipe-Bernal, Joan Emmanuel Ortiz-Velasquez
- Plataforma computacional sobre Amazon Web Services (Aws) de renderizado distribuido 252-262
Computational Platform About Amazon Web Services (Aws) Distributed Rendering
Gabriel Rojas-Albarracín, Jorge Páramo-Fonseca, Cindy Hernández-Merchán
- Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá 263-277
Design proposal for a photovoltaic solar energy system. Case of application in the city of Bogotá
Sebastian Salamanca-Avila
- EnBovinOs: Diseño de una red de ontologías en el dominio de las enfermedades bovinas 278-288
EnBovinOs: Design of a network of ontologies in the field of bovine diseases
Javier Antonio Ballesteros-Ricaurte, Ángela María González-Amarillo, Gustavo Cáceres-Castellanos



LA COMUNICACIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

La comunicación pública de la ciencia y la tecnología nace de la mano de los medios de comunicación masiva, con la intención de informar al público en general sobre los desarrollos científico-tecnológicos. Esto como forma de establecer una relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Con el paso del tiempo, la idea de una ciencia y una tecnología desarrollada a partir de problemas sociales fue una de las premisas fundamentales del llamado *contrato social de la ciencia*. Sin embargo, este trajo consigo un modelo de desarrollo que no solo llevó a grandes avances para la humanidad, sino también grandes vacíos entre la ciencia y sus públicos.

La comunicación en la ciencia y la tecnología se ha desarrollado a partir de la categorización de los públicos y la trasposición de los conocimientos, lo que ha llevado a la conformación de brechas y a la clasificación de los conocimientos. Dicho de otra forma, hoy en día se habla de conocimiento científico, conocimiento escolar y conocimiento popular. Estas diferencias se evidencian en el comentario que hizo el mismo Einstein, tras la contrastación de su teoría, en diciembre de 1919, después de las observaciones realizadas por 57 astrónomos a un eclipse solar donde confirmaron la teoría general de la relatividad. Una vez aceptada la teoría por la comunidad académica, Einstein lanzó afirmaciones tales como que, la ciencia es “demasiado complicada” para que el público en general la entienda y también aseguró que “A lo sumo, sólo una docena de personas en el mundo pueden entender mi teoría”.

Afirmaciones como éstas, dibujan una imagen de la ciencia alejada de la sociedad, y de la educación científica ciudadana. Se hace necesario desde esta óptica, una adecuada comunicación científica entre la ciencia y sus públicos. Sin caer en el relativismo epistemológico extremo, donde “todo vale” creemos necesario, promover investigaciones que contribuyan a resolver el problema de la apropiación social de la ciencia y de la tecnología y a establecer puentes entre los desarrollos científicos y la forma en la que son incorporados social, política y educativamente.

PhD Patricia Gallego Torres
Editor

Jaime Duvan Reyes
Comité Editorial



Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica

Scientific models: meaning and role in scientific practice

Modelos científicos: significado e papel na prática científica

José Antonio Acevedo-Díaz¹

Antonio García-Carmona²

María del Mar Aragón-Méndez³

José María Oliva-Martínez⁴

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Acevedo-Díaz, J.A, García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M, M., y Oliva-Martínez, J.M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 30 (3), 155-166. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>

Resumen

El propósito de este artículo es contribuir a una mejor comprensión de los modelos científicos como componentes clave de la naturaleza de la ciencia. Para ello se aborda, en primer lugar, el significado epistemológico de los modelos científicos y su papel en la práctica científica. A continuación, se trata la función de los modelos científicos como mediadores entre una teoría y el mundo real, la cual se relaciona con el carácter parcialmente autónomo de los modelos respecto de ambos. Se incluyen varios ejemplos de modelos científicos para ilustrar la exposición sobre el funcionamiento de los modelos científicos. El artículo concluye con una breve referencia a las concepciones epistemológicas semanticista e instrumentalista sobre los modelos, que discurren paralelas al debate clásico entre el realismo y el pragmatismo acerca de la interpretación de las teorías científicas.

Palabras clave: modelos científicos; modelización; práctica de la ciencia; semanticismo; instrumentalismo.

Abstract

This article aims to contribute to a better understanding of the scientific models as a key component of the nature of science. For this, firstly the epistemological meaning of the scientific models and their role in the scientific practice are discussed. Secondly the function of the scientific models as intermediaries or mediators between theory and real world is addressed. This function is based on the partially autonomous character of the scientific models with regard to the latter. In order to illustrate the exposition of it various examples are included. The article concludes with a brief reference to both the semanticist and instrumentalist epistemological conceptions regarding the models, which run parallel with the

¹. Inspector de Educación jubilado. Huelva, España. Contacto: ja.acevedodiaz@gmail.com

². Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España. Contacto: garcia-carmona@us.es

³. Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España. Contacto: mariadelmar.aragon@uca.es

⁴. Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, España. Contacto: josemaria.oliva@uca.es

classical debate between realism and pragmatism around the interpretation of scientific theories.

Keywords: scientific models; modelling; scientific practice; semanticism; instrumentalism.

Resumo

O objetivo deste artigo é contribuir para uma melhor compreensão dos modelos científicos como um dos principais componentes da natureza da ciência. Para isso, em primeiro lugar, discute-se o significado epistemológico dos modelos científicos e o seu papel na prática científica. Posteriormente, aborda-se a função dos modelos científicos como intermediários ou mediadores entre a teoria e o mundo real. Tal função é baseada no caráter parcialmente autônomo de ambos. Para ilustrar essa discussão, vários exemplos de modelos científicos são introduzidos. O artigo conclui com uma breve referência às concepções epistemológicas semanticistas e instrumentistas relativas aos modelos, que ocorrem paralelamente ao debate clássico entre realismo e pragmatismo em torno da interpretação de teorias científicas.

Palavras-chaves: modelos científicos; modelagem; prática científica; semanticismo; instrumentalismo.

Introducción

Los modelos y la modelización tienen una importancia clave en muchos contextos científicos. Constituyen uno de los principales instrumentos de la ciencia moderna⁵ y son esenciales en la práctica científica, pues sirven para aprender sobre las teorías científicas y el mundo. Aunque los modelos no se ajusten con perfección a todos los detalles del objeto al que se refieren, pueden proporcionar una información útil y profunda sobre su funcionamiento (Giere, 1999a).

Los científicos dedican mucho tiempo a construir, probar, comparar y revisar modelos; a su vez, numerosos artículos de ciencia introducen, aplican e interpretan estos instrumentos valiosos.

Por tanto, una parte significativa de la investigación científica se centra en los modelos más que en la realidad misma, porque al estudiar un modelo se pueden determinar hechos y descubrir rasgos del sistema que el propio modelo representa.

El significado de modelo científico ha sido discutido —y se sigue debatiendo aún— por filósofos de la ciencia, psicólogos, científicos y educadores, entre otros. Por ejemplo, los filósofos de la ciencia reconocen la importancia de los modelos cada vez más e investigan sus diversas funciones en la práctica científica. Como resultado de esta labor se citan distintos tipos de modelos —no excluyentes entre sí— en la bibliografía de filosofía de la ciencia, tales como: teóricos, exploratorios, explicativos, idealizados, heurísticos, instrumentales, imaginarios, fenomenológicos, icónicos, matemáticos, computacionales, formales, analógicos, etc.

La filosofía de la ciencia se plantea preguntas y reflexiona sobre los modelos científicos de naturaleza ontológica (¿qué son modelos?), epistemológica (¿cómo se construyen los modelos?, ¿qué y cómo se aprende con y de ellos?) y semántica (¿cuál es la función representativa de los modelos?), entre otras.

Los estudios epistemológicos, históricos y sociológicos de la ciencia de las últimas décadas han permitido una comprensión de la naturaleza de la ciencia cada vez más próxima a la práctica científica real, en la que los modelos tienen un papel central. En palabras de Matthews:

En los últimos cincuenta años, historiadores y filósofos de la ciencia han dedicado mucho tiempo a documentar y comprender el papel de los modelos en la ciencia y las ciencias sociales. Estos estudios han llevado a los académicos a examinar asuntos relacionados con los modelos tales como la naturaleza de las teorías científicas, el status de las hipótesis,

⁵. La importancia de los modelos en la generación del conocimiento científico ha sido puesta de manifiesto muchas veces de forma explícita por los propios científicos; por ejemplo, Pauling, Watson y Crick, entre otros (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; 2017).

el papel de las metáforas y las analogías en las explicaciones científicas, los experimentos mentales en la ciencia y la centralidad de la idealización para la articulación, aplicación y evaluación de los modelos. (2012, p. 20)

Según Adúriz-Bravo y Ariza (2014), todo esto se debe, en parte, al giro modelístico en los estudios meta-científicos, es decir, a: “la actual preferencia por estudiar y entender las teorías científicas a través de sus modelos, [...] [en vez] del abordaje tradicional de mirar sus leyes” (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014, p. 26). Sin embargo, a pesar del gran interés generado por los modelos científicos, y de lo que se ha avanzado desde entonces, aún hay muchas lagunas en la comprensión sobre qué son y cómo funcionan (Cassini, 2016).

En efecto, los significados y el papel que se suelen asignar a los modelos científicos en la práctica científica son tan diversos y numerosos que bien se les podría aplicar la expresión tan común en inglés “*A rose by any other name*”⁶ (literalmente “Una rosa por cualquier otro nombre”). El carácter ambiguo o polisémico de la idea de modelo, presente incluso dentro de la actividad científica en las diferentes disciplinas, parece estar directamente relacionado con este galimatías (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014; Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014; Cassini, 2016; Gutiérrez, 2014), el cual induce a una comprensión incompleta, cuando no errónea, del significado de modelo científico⁷. Esto sucede incluso en el caso de científicos en activo. La distinción entre modelo y teoría poco reflexionada, y más bien tosca, que suelen hacer los científicos es

considerar a un modelo científico como menos seguro o más incompleto que una teoría en aspectos importantes⁸.

Para concluir esta introducción, se muestra una lista de aspectos sobre los modelos científicos, elaborada por Oh y Oh (2011), que puede servir de guía sintética para lo que se desarrollará a lo largo del artículo:

1. *Significado de modelo científico.* Un modelo puede definirse como una representación de un objetivo (el referente). Los referentes representados por los modelos pueden ser diversas entidades tales como objetos, fenómenos, procesos, ideas o sistemas. Un modelo científico también es un puente para conectar una teoría científica con un fenómeno, porque ayuda al desarrollo de la teoría desde los datos y la pone en relación con el mundo natural.
2. *Propósitos de la modelización.* El papel de un modelo es describir, explicar y predecir fenómenos naturales, así como la comunicación de ideas científicas.
3. *Funcionalidad de los modelos científicos.* El funcionamiento de los modelos científicos, como instrumentos para pensar y comunicarse, se facilita mediante la expresión de modelos con recursos semióticos no lingüísticos, usando analogías y permitiendo simulaciones mentales y externas al modelo.
4. *Multiplicidad de modelos científicos.* Debido a que los científicos tienen diferentes ideas sobre el objetivo y su funcionamiento, se pueden desarrollar diversos modelos científicos para estudiarlo. Ello también es posible porque hay

⁶. El origen de esta expresión está en el acto segundo, escena segunda, de la obra de Shakespeare “Romeo y Julieta”. En concreto, cuando Julieta le dice a Romeo desde el balcón: “*What’s in a name?, that which we call a rose by any other name would smell as sweet*” (traducción libre “¿Qué hay en un nombre?, lo que llamamos rosa sería igual de fragante con cualquier otro nombre”).

⁷. Para intentar superar las múltiples características encontradas en los diversos significados de modelo científico que aparecen en la bibliografía, Gutiérrez (2014) sugiere definirlos desde una perspectiva ontológica basada en Bunge (1972; 1973).

⁸. En una serie de entrevistas realizada por Wong y Hodson (2009) a científicos, un físico especializado en alta energía concebía los modelos como teorías menos robustas y con menor grado de rigor: “Para nosotros [los físicos que investigan en alta energía], los modelos son una entidad menos rigurosa que las teorías. Cuando hay más evidencias para apoyar un modelo, podría llamarse una teoría.” (Wong y Hodson, 2009, p. 123). Como en otras ocasiones, se constata que, aunque una comprensión inadecuada sobre la naturaleza de la ciencia (de la naturaleza de los modelos científicos en este caso) no afecte a la capacidad de los científicos para hacer sus investigaciones, no es lo mismo investigar en ciencias que reflexionar sobre la naturaleza de las investigaciones científicas que se realizan (Acevedo-Díaz, 2017).

una variedad de recursos semióticos disponibles para construir modelos científicos.

5. *Limitaciones de los modelos científicos.* Los modelos científicos solo se refieren a un aspecto específico del objetivo, con un grado de precisión limitado. Por tanto, pueden ser necesarios varios modelos para proporcionar una explicación más completa del objetivo.
6. *Cambios en los modelos científicos.* Los modelos científicos se prueban conceptual y empíricamente, de modo que pueden cambiar durante el proceso de desarrollo del conocimiento científico.

Propósito

El objetivo de este artículo es contribuir a aclarar, en lo posible, el significado de modelo científico y su funcionamiento en la práctica científica, teniendo en cuenta que tanto los modelos como los procesos de modelización son aspectos esenciales de la naturaleza de ciencia. Por tanto, no se tratarán cuestiones relacionadas con la modelización en la enseñanza de la ciencia que, sin duda, es algo de gran interés (Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014), pero diferente a lo que aquí se pretende y aborda⁹. La aplicación más apropiada del contenido de este artículo en la educación científica sería, pues, contribuir a la mejora de la comprensión de la naturaleza de los modelos científicos (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016; Matthews, 2007 y 2012; McComas, 1998).

Los modelos científicos desde la epistemología de la ciencia

Para Adúriz-Bravo y Ariza (2014), entre algunos otros, la corriente representacional o modelística de la concepción semanticista proporciona uno de los enfoques más fructíferos de las últimas décadas en el estudio epistémico de la ciencia. En efecto, desde la década de 1980 el semanticismo ha

acometido con extensión y profundidad el tratamiento epistemológico de las teorías mediante sus modelos y ha realizado análisis bastante detallados respecto a asuntos como los siguientes (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014, p. 28):

1. Los diversos usos y caracterizaciones de la noción de modelo.
2. El papel de los modelos en la identidad de las teorías.
3. Su función representacional, analógica y mediadora entre las teorías y el mundo.
4. Su estructura particular y el lugar que ocupan dentro de las teorías científicas.
5. La pertinencia de identificar tipologías de modelos.
6. La relación de los modelos científicos con las teorías, las leyes, los sistemas y los fenómenos.

Adúriz-Bravo y Ariza (2014, p. 29) destacan también cuatro rasgos epistemológicos centrales de los modelos teóricos en su funcionamiento:

1. Modelos a partir de la teoría y los datos empíricos.
2. Modelos para unas determinadas finalidades y valores.
3. Analogías teóricas respecto de la realidad.
4. Mediadores entre la teoría y los datos empíricos.

Desde una perspectiva semanticista representacional, Giere (1999a) se refiere a los modelos científicos de la manera siguiente:

El concepto fundamental de mi comprensión sobre la práctica científica es el de modelo. Para mí, los modelos son las entidades representacionales primarias de la ciencia. Afirmo que los científicos suelen usar modelos para representar los aspectos del mundo. Los tipos de modelos científicos incluyen modelos físicos a escala y representaciones diagramáticas, pero los modelos más interesantes son

⁹ Véase al respecto el número especial de *Science & Education*, 16(7-8), 2007, titulado *Models in Science and in Science Education*.

los modelos teóricos. Estos son objetos abstractos, entidades imaginarias cuya estructura podría o no ser similar a los aspectos de los objetos y procesos del mundo real. Los científicos son más propensos a hablar del ajuste entre sus modelos y el mundo, una terminología que adopto con satisfacción. (1999a, p. 3)

Según Giere (2004), un aspecto relevante de los modelos científicos es su capacidad para representar aspectos del mundo: “Los científicos usan modelos para representar aspectos del mundo con diversos propósitos. Desde este punto de vista, los modelos son instrumentos primarios de representación (aunque no los únicos) en las ciencias” (p. 747). Esta capacidad de los modelos reside en que “[...] están diseñados para que sus elementos puedan identificarse con características del mundo real” (Giere, 2004, p. 747).

Y, como señalan Adúriz-Bravo y Ariza:

La relación entre la teoría y el mundo o, más precisamente, la relación específica entre los modelos de la teoría y el mundo, es para Giere una relación de “parecido de familia” a la Wittgenstein, que él llama técnicamente “relación de similaridad”. Los modelos estarían conectados entre sí y a la realidad a través de relaciones analógicas de similaridad. Ahora bien, para Giere, las teorías no solo se componen de “familias de modelos”, su otro constituyente fundamental son entidades que permiten establecer el alcance de la relación entre los modelos y los sistemas reales. Tales entidades son entidades lingüísticas, denominadas por él hipótesis teóricas. (2014, p. 31)

Por su parte, Bunge (1972; 1973) asigna dos funciones esenciales a los modelos científicos: explicación y predicción del fenómeno, que también son características de las teorías científicas (Acevedo, 2017). Prácticamente la totalidad de las escuelas epistemológicas están de acuerdo con ambas funciones. Además de estas dos, Bunge añade la evaluación de teorías científicas, ya que estas solo se

pueden contrastar si se aplican a sistemas concretos; esto es, no son directamente contrastables. De este modo, un modelo científico conecta la teoría con los fenómenos del mundo físico. Sin embargo, esta función no es esencial, pues no se puede aplicar cuando no hay disponible una teoría científica (objeto) que sirva de referente al modelo científico (e.g., cambio climático, astrofísica, etc.). Los modelos que los científicos construyen para abordar estos casos se denominan a veces “modelos sustitutos”.

Esta sección finaliza haciendo mención especial a la cuarta característica epistemológica clave de los modelos científicos, indicada más arriba por Adúriz y Ariza (2014): su papel mediador entre la teoría y los datos empíricos, o entre la teoría y el mundo real. Este papel instrumental de los modelos ha sido abordado con amplitud por Morrison y Morgan (1999), sosteniendo que ello es posible gracias a que estos son autónomos parcialmente respecto de la teoría y del mundo real. Estas dos filósofas de la ciencia han desarrollado su tesis planteando, respondiendo y ejemplificando una serie de preguntas sobre los modelos científicos, que incluyen cuatro elementos básicos de la descripción que defienden de los modelos; a saber: 1) cómo se construyen, 2) cómo funcionan, 3) qué representan y 4) cómo se aprende con ellos. Tal y como las autoras concluyen:

La implicación de nuestra investigación es que los modelos no se deben considerar supeditados a las teorías y los datos en la producción del conocimiento. Junto con los instrumentos de medida, los experimentos, las teorías y los datos, son uno de los ingredientes esenciales de la práctica de la ciencia. Tampoco deberían contemplarse como “teorías preliminares” [...]. (Morrison y Morgan, 1999, p. 37)

Los modelos científicos como mediadores o intermediarios

Los modelos científicos no deberían contemplarse como derivados de una estructura teórica ya existente o como una simplificación de una teoría.

Tampoco deberían ser considerados como teorías preliminares de la ciencia. Estos puntos de vista dan una descripción muy limitada del papel de los modelos en la práctica científica, además de que puede ser inexacta en muchos casos. Los modelos científicos participan, junto con los instrumentos de medida, experimentos, teorías y datos, en los procesos básicos de la práctica de la ciencia.

Como se ha señalado anteriormente, una característica epistemológica clave de los modelos científicos es su papel mediador entre una teoría y los datos empíricos o, si se prefiere, entre una teoría y el mundo real; de ahí su capacidad para intervenir sobre uno u otro, o sobre ambos. Se tratará ahora este rasgo porque es central para la comprensión del funcionamiento de los modelos en la práctica científica. Para ello, se utilizará como marco general el estudio de Morrison y Morgan (1999)¹⁰, en el que se argumenta con amplitud y profundidad que los modelos son instrumentos de investigación mediadores entre una teoría y el mundo. Esta perspectiva asume, pues, que los modelos funcionan en la actividad científica con cierta autonomía respecto de estos dos últimos. Los elementos que contribuyen a esta naturaleza parcialmente autónoma de los modelos están relacionados con:

1. *Construcción*. Los modelos se construyen a partir de un conjunto de elementos de la realidad modelada y de la teoría, pero también de otros elementos externos que les dotan de cierta independencia parcial respecto de la teoría y el mundo.
2. *Funcionamiento*. Los modelos son instrumentos que adoptan formas distintas (modelos teóricos, icónicos, matemáticos, analógicos, heurísticos, entre otros). Sea cual sea el tipo de modelo que se considere, tienen funciones diversas relacionadas con su capacidad de intervención señalada. Como instrumentos, son

independientes del objeto sobre el que operan (teorías o el mundo), pero a la vez se relacionan con este de alguna manera, por lo que la autonomía solo puede ser parcial, tal y como se ha indicado antes. Los modelos también se utilizan a menudo como instrumentos para experimentar o explorar sobre teorías ya existentes; por ejemplo, un modelo se puede usar para corregir una teoría. Por último, hay modelos que funcionan directamente como instrumentos para experimentar.

3. *Capacidad de representación*. Esta permite el funcionamiento instrumental de un modelo y también enseña sobre lo que representa (una teoría o el mundo). Sin embargo, un modelo es solo una representación de una parte del objeto y a menudo se necesita un conjunto de modelos, a veces inconsistentes entre sí, para dar cuenta de las diversas características y propiedades del objeto.
4. *Papel en el aprendizaje*. Los modelos pueden actuar como instrumentos potentes de aprendizaje, pues son a la vez fuente y medio de conocimiento. El aprendizaje puede tener lugar en dos etapas del proceso: 1) en la construcción del modelo y 2) durante su uso; aunque cabría añadir también: 3) durante su evaluación y revisión, la cual dota al modelo de un carácter dinámico y evolutivo. Cuando se construye un modelo se crea un tipo de estructura representativa y se desarrolla el pensamiento científico. Asimismo, cuando se utiliza un modelo se aprende sobre el objeto que representa.

Ejemplos de modelos científicos

En lo que sigue se exponen varios ejemplos para ilustrar los cuatro elementos anteriores, señalándose en cursiva los principales aspectos recogidos en ellos. Los lectores pueden hacer lo mismo con

¹⁰. Este estudio ha sido citado con frecuencia, tanto por filósofos de la ciencia (e.g., Giere, 1999b; 2004) como por educadores de ciencia (e.g., Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014; Justi, 2006).

otros ejemplos que les resulten más familiares o próximos a su especialidad.

El modelo del péndulo simple

Un péndulo se puede usar para medir la aceleración de la gravedad con una precisión de cuatro cifras significativas. Para ello, hay que elaborar un modelo ideal (péndulo simple)¹¹ que no se deriva de la teoría newtoniana por completo, ni representa con exactitud a un péndulo real. Más bien, se basa en un conjunto de decisiones del modelado que simplifican la matemática y la física de un péndulo real, idealizándolo. La teoría no proporciona un algoritmo a partir del cual construir el modelo y establecer todas las decisiones del modelado (*autonomía*). La modelización implica simplificaciones y aproximaciones, que tienen que decidirse independientemente de los requisitos teóricos o de las condiciones de los datos. A partir de este modelo de péndulo ideal se van haciendo correcciones para las diferentes fuerzas que actúan sobre las diversas partes del péndulo real. Una vez hechas estas, el modelo del péndulo es una aproximación razonable al sistema real (*funcionamiento instrumental*).

Aunque sea necesaria cierta autonomía, también tiene que existir alguna relación con la teoría. El modelo del péndulo ideal funciona como un modelo de la mecánica newtoniana que describe un movimiento armónico. Asimismo, representa ciertos tipos de movimientos que son descritos por la teoría y producidos por un péndulo real (*capacidad de representación*). En este sentido, también es un modelo del objeto físico.

En resumen, el modelo del péndulo simple representa, en sus detalles, la teoría y el mundo (péndulo real), aunque sea parcialmente independiente de ambos, y funciona como un instrumento autónomo que permite hacer cálculos correctos en las mediciones para encontrar información sobre el mundo (la aceleración gravitatoria en algún lugar).

Los modelos mecánicos del éter en el electromagnetismo

El éter era un medio imponderable e inobservable, pero rígido y elástico. La hipótesis de su existencia fue establecida en óptica (“éter lumínico”) por el físico holandés Huygens, contemporáneo de Newton. Esta idea quedó eclipsada en su época por la teoría corpuscular de la luz de Newton hasta que fue retomada por algunos científicos del siglo XIX, como el inglés Young y el francés Fresnel. Thomson (Lord Kelvin) se basó en la óptica ondulatoria de Fresnel y su “éter óptico” para el desarrollo de sus modelos mecánicos del “éter electromagnético”. Los trabajos del físico holandés Lorentz provocaron posteriormente que se abandonara la búsqueda de un mecanismo newtoniano para el “éter electromagnético”, pues su modelo de “éter inmóvil” eliminaba cualquier intento de explicación mecánica del campo electromagnético (Acevedo, 2004). El experimento de Michelson y Morley puso fin a la hipótesis del éter poco después, a finales del siglo XIX.

Los modelos mecánicos del hipotético “éter electromagnético”, desarrollados por Thomson y Fitzgerald durante la segunda mitad del siglo XIX, se usaron como *sustitutos de experimentos* reales sobre el éter, que eran imposibles de realizar. A partir de la publicación, en 1856, de su artículo “*Dynamical Illustrations of the Magnetic and Helicoidal Rotatory Effects of Transparent Bodies on Polarized Light*”, Thomson abandonó el uso de analogías heurísticas, sustituyéndolas por otras explicativas del mundo físico. Tal cambio se debió a su propósito de desarrollar un programa de investigación basado en teorías dinámicas de los fenómenos físicos; las cuales eran concebidas como aquellas en las que las fuerzas con origen en un sistema físico se explicarían mediante movimientos de los componentes internos del propio sistema. Esta decisión llevaría a Thomson a *construir*

¹¹. El hilo de este péndulo ideal es inextensible y sin masa. El cuerpo suspendido es puntual. Asimismo, su movimiento es armónico simple para oscilaciones pequeñas; es decir, cuando la amplitud de la oscilación es igual al seno de la misma.

y *evaluar* modelos mecánicos cartesianos del éter en el electromagnetismo durante más de tres décadas (Acevedo, 2004). Esto tuvo una notable influencia en los trabajos de Maxwell del campo electromagnético¹².

Los modelos del “éter electromagnético” proporcionaron una estructura mecánica que incorporó algunas propiedades mecánicas, conexiones y procesos supuestamente necesarios para la propagación de las ondas electromagnéticas. Como los modelos eran equivalentes a una *representación* del éter, su manipulación tenía el mismo estatus que un experimento y, si conseguía tener éxito, se consideraba que este era equivalente a una evidencia experimental de la existencia de las propiedades citadas antes. En otras palabras, la manipulación de estos modelos equivalía a la del “éter electromagnético” y, en este sentido, funcionaron como *instrumento de experimentación*. De este modo, Fitzgerald fue capaz de hacer *correcciones* a las ecuaciones de Maxwell mediante sus modelos mecánicos del “éter electromagnético”.

Los modelos del núcleo atómico

Existe una serie de modelos diferentes de la estructura del núcleo atómico para dar cuenta de los procesos nucleares, cada uno de los cuales es capaz de describir el núcleo de manera distinta e incompatible con los demás (Morrison, 2015). Así, Cassini señala al respecto que:

No existe todavía una teoría acerca de la interacción de los nucleones (protones y neutrones) que componen los núcleos de los átomos que pueda explicar o predecir todos los fenómenos experimentalmente conocidos en el dominio de la física nuclear. En vez de ello, hay una multitud de modelos diferentes, más de 30, cada uno de los cuales es exitoso para tratar acerca de algún aspecto del comportamiento de los núcleos atómicos. (2016, p.16)

Estos modelos son incompletos, pues solo *representan una parte pequeña* del comportamiento del núcleo atómico y las representaciones que hacen de la estructura nuclear suelen ser poco exactas (e.g., no tienen en cuenta ciertas propiedades de la mecánica cuántica). Así, el modelo de gota líquida es útil para *describir e interpretar* la producción de fisión nuclear de núcleos pesados y para *predecir* correctamente las masas y las energías de ligadura de los núcleos; mientras que el modelo óptico sirve de base para la *interpretación* de experimentos de dispersión de alta energía.

El modelo de gota líquida, propuesto por primera vez por George Gamow en 1930 y desarrollado por Bohr en 1935, considera al núcleo como una “gota” o “esfera” de fluido nuclear incompresible, el cual estaría compuesto por nucleones (protones y neutrones) que permanecen unidos por la fuerza nuclear fuerte. En cambio, el modelo óptico, empleado para *describir e interpretar* las reacciones nucleares, tiene su origen en la similitud que hay entre la difracción óptica de una onda plana por un disco opaco y la dispersión elástica nuclear. Cuando una onda plana de luz incide sobre un disco opaco con bordes bien definidos parte de la radiación es absorbida por el disco, mientras que otra parte genera un patrón de difracción como resultado del paso del haz de luz por las proximidades del disco. Análogamente, cuando un haz de núcleos incide sobre otro núcleo objetivo, parte de las partículas del haz son absorbidas dando lugar a reacciones nucleares inelásticas, mientras que otra parte genera un patrón de difracción correspondiente a la dispersión elástica nuclear.

Los diversos modelos del núcleo atómico no incorporan demasiados rasgos significativos (e.g., el tratamiento del núcleo por el modelo de la gota líquida se hace mediante la física clásica y prescinde de la estadística cuántica porque las propiedades cuánticas de cada nucleón no se tienen en cuenta). Sin embargo, sirven para *explorar* las

¹² Véase Acevedo (2004) para un recorrido histórico que muestra la creatividad de Maxwell en los procesos de sus investigaciones sobre el campo electromagnético, sus razonamientos analógicos y modelos mecánicos del “éter electromagnético”.

tecnologías citadas con éxito y lo hacen de manera *parcialmente independiente* del conocimiento teórico existente.

El abordaje de los procesos nucleares no se resuelve mediante un solo modelo, sino que se acude a uno u otro modelo en función de las preguntas que se planteen sobre el objeto de modelaje. Por tanto, se pone de manifiesto que, para un objeto real dado (el núcleo atómico en este caso), no se debería considerar un modelo determinado mejor que otro desde un punto de vista absoluto.

El modelo de la estructura molecular del ADN

Algunos científicos son mejores como constructores de modelos, mientras que otros lo son como experimentalistas. Watson (2000) reconoció en todo momento que los modelos tridimensionales de Pauling¹³ fueron su principal fuente de inspiración a la hora de decidir los tamaños, las formas y disposición espacial de las subunidades que conforman la molécula del ADN. Por el contrario, Franklin y Wilkins no estaban convencidos de que este método pudiera resolver la estructura del ADN, sin disponer previamente de datos radiológicos precisos y suficientemente claros para poder discutir las estructuras posibles.

En la elucidación de la estructura molecular del ADN, Rosalind Franklin investigó usando una metodología experimental cuidadosa, basada en la difracción de rayos X y un riguroso método analítico. En cambio, Watson y Crick lo hicieron mediante la construcción de modelos. Durante el proceso de modelización que siguieron tuvieron un gran fracaso inicial, a finales de 1951. Los numerosos errores químicos y estructurales del primer modelo de tres hélices, de Watson y Crick, fueron señalados por Rosalind Franklin y Gosling tras una *evaluación crítica* del modelo¹⁴. No obstante, el 28

de febrero de 1953, Watson y Crick consiguieron elucidar la estructura molecular de doble hélice del ADN, construyendo un modelo que respondía con toda la información disponible sobre el ADN. Como señala Giere (2002), la modelización física realizada por Watson y Crick resultó un “sistema cognitivo” más eficaz que el de radiografías y diagramas dibujados a mano por Rosalind Franklin. No obstante, es necesario recurrir a la historia real de este descubrimiento para conocer mejor los entresijos de por qué esto sucedió así. El lector interesado en la misma puede encontrar un relato suficientemente detallado en Acevedo-Díaz y García-Carmona (2016; 2017).

El modelo de Watson y Crick no solo *explicaba* la estructura del ADN, sino que permitía hacer *predicciones* para encauzar investigaciones futuras: “No se nos escapa que el apareamiento específico que postulamos sugiere inmediatamente un mecanismo de copia para el material genético.” (Watson y Crick, 1953a, p. 737). En efecto, del apareamiento de las bases nitrogenadas de la molécula se deducía que la doble hélice del ADN podía hacer copias de sí misma; si se abría, cada una de las cadenas podía servir de molde para la síntesis de la cadena complementaria.

En otro artículo publicado en *Nature* en mayo del mismo año, Watson y Crick (1953b) resaltaron, con más firmeza aún, el valor de su modelo de la estructura molecular del ADN por sus consecuencias para el desarrollo de la genética:

Recientemente propusimos una estructura [...] que, si es correcta, sugiere inmediatamente un mecanismo para su auto-duplicación [...]. Aunque la estructura no esté probada completamente hasta que se haya hecho una comparación más amplia con los datos de rayos X, tenemos suficiente confianza en su corrección general para discutir sus implicaciones genéticas. (p. 965)

¹³. Linus Pauling fue el gran impulsor del uso de la modelización en la elucidación de la estructura de moléculas químicas.

¹⁴. El propio Pauling propuso con Corey, hacia finales de 1952, otro modelo de tres hélices que resultó ser un fiasco completo. Los errores de este modelo sorprendieron a Watson y Crick al comprobar que los “genios” también pueden cometer graves errores.

En 1957, Meselson y Stahl demostraron que la molécula de ADN era capaz de duplicarse a sí misma. Las dos cadenas que la forman pueden separarse y cada una de ellas puede actuar como un patrón para la síntesis de la cadena complementaria. El resultado es la obtención de dos moléculas bihelicoidales idénticas, portadoras de una cadena de la molécula original y otra de nueva síntesis. Esto se conoce como replicación semi-conservativa del ADN; de este modo, la información genética puede transmitirse de generación en generación.

Este ejemplo del ADN ilustra bastante bien el *aprendizaje* con modelos científicos durante el proceso de *construcción, evaluación y uso*.

Epílogo

Como se dijo en la introducción, aún persisten muchas lagunas en la comprensión sobre qué son los modelos científicos y cómo funcionan en la práctica científica. Debido a que los modelos suscitan un gran interés entre los filósofos de la ciencia desde las últimas décadas siguen abiertos muchos frentes y los debates son continuos.

Es probable que a los lectores no se les haya escapado que, a lo largo del artículo, subyacen dos posiciones epistemológicas: la semanticista¹⁵ y la instrumentalista¹⁶ (Cassini, 2016), que se mueven paralelas al debate clásico entre el realismo y el pragmatismo sobre la interpretación de las teorías científicas (Vázquez *et al.*, 2001)¹⁷. Aun así, no es objetivo de este artículo desarrollar una discusión de ese tipo, que obligaría a recurrir a aspectos de

cierto nivel conceptual filosófico. Tan solo se expondrán brevemente ambas posiciones a continuación, a partir de lo señalado por tres autores argentinos.

Según Adúriz-Bravo (comunicación personal del 8-6-2017), ningún semanticista *sensu stricto* concibe los modelos totalmente independientes de las ligaduras del cuerpo teórico (esto es, de los principios generales y las leyes considerados en sentido amplio). Por el contrario, los instrumentalistas conciben un papel mediador de los modelos con una independencia total respecto de tal cuerpo teórico.

Accorinti y Martínez-González (2016) distinguen dos interpretaciones de las concepciones semanticistas: la fuerte o dura, y la débil o moderada. La primera afirma que la teoría se identifica con el conjunto de sus modelos¹⁸, mientras que la segunda sostiene que la teoría se presenta a partir de sus modelos, pero no se identifica con ellos¹⁹. De este modo, los modelos no serían más que aplicaciones a situaciones concretas de las teorías (es decir, mediadores entre teorías y fenómenos del mundo). Esta diferencia de interpretación no invalida la dependencia de los modelos respecto de la teoría de las posiciones semanticistas²⁰. Estos autores abogan por una concepción instrumentalista de los modelos científicos al señalar que: “[...] la independencia de los modelos respecto de las teorías no es meramente provisional y contingente, sino que adquiere un carácter conceptual en tanto que constitutiva del propio proceso de modelización.” (Accorinti y Martínez-González, 2016,

¹⁵. Véanse, por ejemplo, van Fraassen (1996), Giere (1988) y la revisión de Ariza, Lorenzano y Adúriz-Bravo (2016) sobre las distintas posiciones semanticistas.

¹⁶. Véanse, por ejemplo, Cartwright (1983; 1999), Morrison y Morgan (1999) y Suárez (1999).

¹⁷. El pragmatismo se fundó en los EE. UU. por C.S. Peirce en el siglo XIX. Fue popularizado por W. James y J. Dewey, quien lo llamó instrumentalismo. Rorty es un filósofo actual que ha desarrollado algunos de los puntos de vista de estos pensadores norteamericanos. Un instrumentalista es un antirrealista respecto a las teorías científicas, que afirma que estas no son más que instrumentos para organizar la descripción de los fenómenos y hacer inferencias. De otra forma, el componente teórico de la ciencia no describe la realidad y las teorías se consideran solo instrumentos útiles destinados a relacionar un conjunto de observables con otros.

¹⁸. En palabras de van Fraassen (1996, p. 66) “presentar [...] una teoría por medio de la identificación de una clase de estructuras como sus modelos”.

¹⁹. Estos autores no aclaran lo suficiente en qué consiste esta distinción tan sutil, ni qué filósofos sostienen las concepciones semanticistas que apuntan. Así, por ejemplo, en la nota anterior, van Fraassen se refiere a la vez a “presentar” e “identificar”.

²⁰. Más bien habría que decir dependencia del cuerpo teórico disponible, en vez de dependencia de la teoría.

p. 242). Hay que aclarar que esto no significa decir que los conocimientos teóricos disponibles no cumplan función alguna en la construcción de los modelos, pero sí se niega que haya una relación de dependencia total de los modelos respecto a aquellos. Es decir, los modelos se construyen de un modo (parcialmente) independiente de las teorías, aunque contengan elementos, leyes o principios relacionados con ellas.

En definitiva, aunque se admita una autonomía o independencia parcial de los modelos respecto de las teorías, los fundamentos epistémicos son diferentes en el semanticismo y en el instrumentalismo.

Referencias

- Accorinti, H. L. y Martínez-González, J. C. (2016). Acerca de la independencia de los modelos respecto de las teorías. *Theoria*, 31(2), 225-245. <https://doi.org/10.1387/theoria.15235>
- Acevedo, J. A. (2004). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(3), 187-204.
- Acevedo-Díaz, J. A. (2017). Sobre leyes y teorías científicas. OEI, Divulgación y Cultura Científica Iberoamericana. Recuperado de: <http://www.oei.es/historico/divulgacion-cientifica/?Sobre-leyes-y-teorias-cientificas>, 19-4-2017. Disponible en <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Sobre-leyes-y-teorias-cientificas>
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016). Rosalind Franklin y la estructura del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista científica*, 27, 162-175. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.25.a2>
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Bio-grafía*, 7(13), 25-34.
- Adúriz-Bravo, A., Labarca, M. y Lombardi, O. (2014). Una noción de modelo útil para la formación del profesorado de química. En C. Merino, M. Arellano y A. Adúriz-Bravo (eds.), *Avances en didáctica de la química: modelos y lenguajes* (pp. 37-49). Valparaíso: Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2016). Meta-Theoretical Contributions to the Constitution of a Model-Based Didactics of Science. *Science & Education*, 25(7-8), 747-773. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9845-3>
- Bunge, M. (1972). *Teoría y realidad*. Barcelona: Ariel.
- Bunge, M. (1973). *Method, Model and Matter*. Dordrecht: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-2519-5>
- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0198247044.001.0001>
- Cartwright, N. (1999). Models and the limits of theory: quantum Hamiltonians and the BCS models of superconductivity. En M. S. Morgan y M. Morrison (eds.), *Models as mediators: Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 241-281). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511660108.010>
- Cassini, A. (2016). Modelos científicos. En C. E. Vanney, I. Silva y J. F. Franck (eds.), *Diccionario interdisciplinar Austral*. Buenos Aires: Universidad Austral. Recuperado de: http://dia.austral.edu.ar/Modelos_cient%C3%ADficos
- Fraassen, B. C. Van. (1996). *La imagen científica*. México DF: Paidós.
- Giere, R. (1988). *Explaining Science: A Cognitive Approach*. Chicago: University of Chicago Press. <https://doi.org/10.7208/chicago/9780226292038.001.0001>
- Giere, R. (1999a). *Science without laws*. Chicago: University of Chicago Press.

- Giere, R. (1999b). Using Models to Represent Reality. En L. Magnani, N. J. Nersessian y P. Thagard (eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4813-3_3
- Giere, R. (2002). Models as Parts of Distributed Cognitive Systems. En L. Magnani, N. J. Nersessian y P. Thagard (eds.), *Model-based reasoning in scientific discovery* (pp. 227-241). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-0605-8_13
- Giere, R. (2004). How Models Are Used to Represented Reality. *Philosophy of science*, 71(5), 742-752. <https://doi.org/10.1086/425063>
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Biografía*, 7(13), 37-66. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia37.66>
- Justi, R. (2006). La enseñanza de las ciencias basada en modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.
- Matthews, M. R. (2007). Models in science and in science education: An introduction. *Science & Education*, 16(7-8), 647-652. <https://doi.org/10.1007/s11191-007-9089-3>
- Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). En M. S. Khine (ed.), *Advances in nature of science research* (pp. 3-26). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_1
- McComas, W. F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W. F. McComas (ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 53-70). Dordrecht: Kluwer.
- Morrison, M. (2015). One phenomenon, many models: Inconsistency and complementarity. *Studies in History and Philosophy of Science*, 42(2), 342-351. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2010.11.042>
- Morrison, M., y Morgan, M. S. (1999). Models as mediating instruments. En M. S. Morgan y M. Morrison (eds.), *Models as mediators: Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 10-37). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511660108.003>
- Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8) 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Suárez, M. (1999). The role of models in the application of scientific theories: epistemological implications. En M. S. Morgan y M. Morrison (eds.), *Models as mediators: Perspectives on Natural and Social Science* (pp. 168-196). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511660108.008>
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de razón técnica*, 4, 135-176.
- Watson, J. D. (2000). *La doble hélice*. Madrid: Alianza.
- Watson, J. D. y Crick, F. H. C. (1953a). A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, 171, 737-738. <https://doi.org/10.1038/171737a0>
- Watson, J. D. y Crick, F. H. C. (1953b). Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid. *Nature*, 171, 964-967. <https://doi.org/10.1038/171964b0>
- Wong, S. L. y Hodson, D. (2009). From the horse's mouth: What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. *Science Education*, 93(1), 109-130. <https://doi.org/10.1002/sce.20290>





Problemas que dificultan una mejor utilización de la Didáctica de las Ciencias en la Formación del Profesorado y en la Enseñanza Secundaria

Problems that hinder a better use of Science Education in the teacher's training and Secondary Education

Problemas que impedem um melhor uso do ensino de ciências na formação de professores e no ensino secundário

Jaime Carrascosa-Alís¹

M. Consuelo Domínguez-Sales²

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Carrascosa-Alís, J., y Domínguez-Sales, C. (2017). Problemas que dificultan una mejor utilización de la Didáctica de las Ciencias en la Formación del Profesorado y en la Enseñanza Secundaria. *Revista Científica*, 30 (3), 167-180. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12289>

Resumen

La didáctica de las ciencias experimentales se puede considerar como un cuerpo global y coherente de conocimientos específicos entre los que existe un "núcleo duro" donde se hallan, entre otros, aquellos contenidos más directamente relacionados con aspectos claves para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Su apropiación, por parte del profesorado, es necesaria para poder avanzar hacia una enseñanza de las ciencias de mayor calidad. Sin embargo, dicha apropiación exige la superación de una serie de problemas que deben ser tenidos muy en cuenta. En este trabajo se analizan algunos de ellos y se justifican algunas propuestas para poder avanzar en su solución.

Palabras clave: didáctica de las ciencias experimentales; formación del profesorado de ciencias; enseñanza de didáctica de las ciencias experimentales; aprendizaje de didáctica de las ciencias experimentales.

Abstract

Science Education today can be considered as a whole and coherent body of specific knowledge with a "hard core" in which the most directly issues related to key aspects of teaching and learning can be found. The appropriation of this knowledge by teachers is required in order to move towards a higher quality teaching in the field of the experimental sciences. However, this appropriation is not an easy task, and requires overcoming a number of problems which must be taken into account. In this paper, some of these problems are discussed, and some proposals to make progress in solving them are justified.

Keywords: science education; science teacher's training; teaching science education; learning science education.

¹. Universitat de València. España. Contacto: jaime.carrascosa@uv.es

². Universitat de València. España. Contacto: consuelo.dominguez-sales@uv.es

Resumo

A Didática das Ciências Experimentais já pode ser considerada como um corpo global e coerente de conhecimentos específicos, com um “núcleo duro” no qual são encontrados, entre outros, aqueles conteúdos mais diretamente relacionados com aspectos-chaves para o ensino e a aprendizagem das ciências. Sua apropriação por parte dos professores é algo necessário para poder avançar em direção a um ensino das ciências de melhor qualidade. No entanto, tal apropriação exige a superação de uma série de problemas que deve ser levada em conta. Neste artigo, alguns desses problemas são analisados e algumas propostas são justificadas para poder avançar em sua solução.

Palavras-chaves: didática das ciências experimentais, formação de professores de ciências, ensino de didática das ciências experimentais, aprendizagem de didática das ciências experimentais.

Introducción

Afortunadamente, ya quedó atrás esa época en la que era frecuente referirse a las “características” que debía tener un profesor para impartir una buena enseñanza, las cuales solían verse como una especie de cualidades naturales que solo podían mejorarse a partir de la experiencia.

El hecho de que hoy nos refiramos de forma explícita a competencias que deben adquirirse (Cortés *et al.*, 2015), en lugar de aludir a características o cualidades más o menos innatas, supone una diferencia fundamental que rompe con esa visión esencialista anterior y permite pensar en la formación del profesorado y en la renovación de la enseñanza, como el proceso de adquisición y desarrollo de unos conocimientos teórico-prácticos, fruto de investigaciones e innovaciones que continuamente están siendo experimentadas y evaluadas. En el campo de las ciencias experimentales (donde se centra todo este trabajo), dichos conocimientos no están formados por unos cuantos bloques dispersos, sino que se ven estrechamente vinculados entre sí, abarcan muchos de los aspectos que se consideran claves para la enseñanza y

aprendizaje y constituyen una parte fundamental de lo que se conoce como didáctica de las ciencias experimentales (en adelante DCE).

Un objetivo básico de la DCE es enseñar a enseñar bien, admitiendo que siempre es posible mejorar el aprendizaje y que podemos elaborar las estrategias más adecuadas para conseguirlo. Ello supone, esencialmente, estudiar los problemas más significativos de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias experimentales (Física, Química, Biología, etc.) y elaborar propuestas educativas teóricamente fundamentadas con las que poder avanzar en su solución. Se trata, en definitiva, de generar conocimientos que permitan favorecer continuamente el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias o, como han señalado algunos autores, de utilizar la DCE como la ciencia de enseñar ciencias (Sanmartí e Izquierdo, 2001).

Atendiendo al objetivo anterior, se desarrollaron (desde finales de la década de 1970), diversas líneas de investigación sobre determinados aspectos claves para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en el aula, las cuales ya han producido conclusiones y resultados muy interesantes (que podrían entenderse como una parte esencial del núcleo duro de la DCE) y sobre los que existe un amplio consenso. Entre otras: naturaleza de la ciencia y del trabajo científico; ideas alternativas y aprendizaje de conceptos científicos; trabajos prácticos; resolución de problemas de lápiz y papel; relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente; actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje; evaluación, etc.

Sin embargo, la apropiación de los contenidos que conforman dicho núcleo duro no es una tarea simple. Por el contrario, exige la superación de una serie de problemas que deben ser tenidos muy en cuenta (especialmente en la formación del profesorado) ya que, pueden actuar como verdaderos obstáculos que dificultan el avance hacia una enseñanza de las ciencias de calidad, susceptible de ser continuamente mejorada. Dicha mejora no solo es un objetivo inherente a la propia DCE sino que, además, es una demanda social, puesta

de manifiesto por diversos grupos de expertos que han estudiado el problema de la alarmante pérdida de interés del alumnado hacia los estudios científicos y la disminución en el número de estudiantes que los cursan (Solbes, Montserrat y Furió, 2007; Vázquez y Manassero, 2008). En el llamado Informe Rocard se insiste reiteradamente en vincular toda esta problemática a la forma en que la ciencia es habitualmente enseñada, por lo que se recomienda explícitamente y de forma reiterada, un mayor apoyo institucional a la formación didáctica del profesorado de ciencias (Rocard, *et al.*, 2007).

Tiene sentido, pues, plantearse cuáles son los problemas más importantes a los que nos enfrentamos desde la DCE permite para mejorar la formación del profesorado de ciencias y con ello el proceso de enseñanza y aprendizaje de las asignaturas de ciencias. En este trabajo, se pretende dar una visión panorámica (aunque no exhaustiva) de algunos de esos problemas y se proponen también algunas medidas para avanzar en su solución.

Un conocimiento inadecuado (escaso, superficial, limitado...) de la materia a enseñar

Se ha dicho que un profesor que no posee conocimientos específicos de cierta profundidad sobre la materia que enseña es un profesor inseguro y excesivamente dependiente de los libros de texto, lo que se traduce en una merma en la calidad de su enseñanza; pero también es un profesor con serias dificultades para llevar a cabo cualquier pequeña innovación didáctica en sus clases, lo que frena cualquier intento de mejora. Todo ello permite comprender la necesidad de una buena formación científica en la materia a enseñar. Sin embargo, tal y como se constata reiteradamente en diversos cursos de formación, muchos futuros profesores (y también profesores en activo) presentan graves deficiencias en la comprensión y manejo de conceptos y principios básicos que han de enseñar. Incluso se detecta, con cierta frecuencia, la

existencia entre ellos de determinadas ideas alternativas bien conocidas y documentadas. Esta falta de conocimientos es un obstáculo importante que no puede ser soslayado, lo que nos deja afirmar que en la formación docente se deben incluir temas que permitan profundizar más, sobre todo, en *aquellos contenidos básicos de las disciplinas que se habrán de enseñar*. No es admisible, por ejemplo, que de una facultad de educación (sea del lugar que sea) puedan salir futuros profesores de ciencias que apenas conocen (o desconocen por completo) una parte sustancial de los contenidos de Física que deben enseñar.

Por otro lado, es preciso tener en cuenta que algo tan aparentemente claro y homogéneo como conocer la materia a enseñar implica en realidad unos conocimientos profesionales muy diversos. Concretamente, además de conocer leyes, principios, modelos, teorías y demás contenidos conceptuales que forman parte de la materia a enseñar, es preciso también que todos los profesores de ciencias (Gil *et al.*, 1991):

- a. Tengan conocimientos de Historia de la Ciencia, útiles para contribuir a una mejor enseñanza de sus materias y para facilitar una mejor comprensión de la naturaleza de la Ciencia (Aragón-Méndez, *et al.*, 2016). A modo de ejemplo, podemos citar la necesidad de conocer bien los obstáculos (de todo tipo) más importantes que debieron superarse en la elaboración y consolidación de los nuevos conocimientos, lo que constituye una ayuda imprescindible para comprender muchas de las dificultades de los alumnos. Así, un profesor que conozca la vigencia, el alcance y las características fundamentales que tuvieron, por ejemplo, la mecánica aristotélico-escolástica, el calórico o el lamarckismo, estará mucho más receptivo cuando en su clase surjan ideas que relacionen la fuerza con la velocidad, el calor con una sustancia o la longitud de la cola de unos ratones con el uso que de este órgano hubieran hecho sus progenitores,

al tiempo que dispondrá, también, de mejores elementos de juicio para comprender la persistencia de tales ideas y plantearse su proceso de cambio hacia las que trata de enseñar.

- b. Conozcan las estrategias metodológicas empleadas en la construcción de los conocimientos, es decir, la forma en que los científicos abordan los problemas, las características más notables de su actividad, los criterios de aceptación y validación de las teorías científicas, etc. Sin esto, el profesor difícilmente puede plantearse el cambio de ideas espontáneas o simplistas sobre la ciencia y el trabajo científico entre sus alumnos, desarrollar en sus clases estrategias metodológicas realmente coherentes con la investigación científica o, simplemente, asumir el objetivo (explícito en la mayoría de los currículos educativos actuales) de que sus alumnos adquieran y desarrollen la competencia científica.
- c. Conozcan las estrechas relaciones existentes entre ciencia-tecnología, sociedad y medio ambiente (en adelante CTSA), asociadas a la construcción de conocimientos. Algo imprescindible cuando se habla de la necesidad de una alfabetización científico-tecnológica de toda la ciudadanía o de mostrar la complejidad que conlleva la toma de determinadas decisiones. Resulta especialmente importante que sepan cómo pueden contribuir desde sus materias a la educación para la sostenibilidad, una tarea absolutamente necesaria para poder avanzar en la solución de los graves problemas (cambio climático, contaminación pluriforme, agotamiento de recursos, etc.) que amenazan al planeta en su conjunto (Vilches y Gil Pérez, 2009).
- d. Tengan conocimientos de los desarrollos científicos y tecnológicos recientes, así como de sus perspectivas futuras, tanto para poder transmitir una visión dinámica no cerrada de la ciencia, como para utilizar adecuadamente algunos de estos (TIC) como nuevas herramientas didácticas con un indudable potencial para aumentar la motivación y el rendimiento, posibilitar

trabajos prácticos virtuales sin riesgo ni residuos tóxicos, mejorar la comprensión de determinados fenómenos, etc. Evitando en todo caso, que la necesaria renovación de la enseñanza se limite al uso de nuevas tecnologías, pero con las mismas viejas metodologías de siempre (Marchesi *et al.*, 2005). Es lo que sucede, por ejemplo, si usamos una pizarra digital para enseñar a resolver problemas, pero lo hacemos mediante la simple transmisión verbal ante alumnos pasivos, o cuando utilizamos computadoras y sofisticados sensores en prácticas de laboratorio, pero las seguimos planteando como simples recetas de cocina, etc.

El pensamiento docente espontáneo

Otro problema importante es aquello que el profesor sabe sin ser muchas veces consciente de que lo sabe (Gil *et al.*, 1991), ya que a veces se trata de concepciones simplistas sobre la enseñanza y el aprendizaje, originadas por determinadas vivencias que muchos profesores han tenido durante su larga etapa como alumnos. El carácter reiterado de esas vivencias hace que dichas concepciones lleguen a establecerse como evidencias de “sentido común” que, por tanto, no hace falta cuestionarlas. Además, es preciso tener en cuenta que esa impregnación ambiental dificulta también su transformación, de forma análoga a como ocurre en los alumnos con algunas ideas previas respecto a determinados conceptos científicos (Carrascosa, 2005). Algunos ejemplos de este tipo de pensamiento son:

- a. La idea de que enseñar es una tarea fácil en la que normalmente basta con conocer los contenidos (principios, modelos, teorías...) de la materia (De Pro, 2009), algo de sentido común y un poco de práctica. Esta era una concepción simplista muy extendida hace años (lo que explica, en parte, la deficiente atención real que a menudo se ha prestado a la formación profesional para la docencia) y que todavía no ha sido del todo superada. Algunos autores (Gil-Pérez y

Vilches, 2004) la utilizan para explicar, al menos en parte, el hecho de que la docencia universitaria sea vivida por bastantes profesores como una carga que quita tiempo para otras tareas investigadoras que se consideran más prioritarias (y productivas), lo que, según estos mismos autores, revela una concepción de la enseñanza como algo estándar y repetitivo, algo que en definitiva “puede hacer cualquiera”; mientras que la investigación, por el contrario, suele verse como una tarea mucho más compleja, abierta y creativa, reservada a los mejores. La existencia de estas grandes diferencias en cuanto a la prioridad de la investigación frente a la docencia favorece también unas clases tradicionales, fundamentalmente expositivas, muy alejadas de la metodología y forma de trabajo que esos mismos profesores utilizan en sus investigaciones (Waldrop, 2015). En cualquier caso, conviene tener en cuenta que esta situación, siempre que se produce, afecta negativamente a la calidad de la enseñanza de cualquier materia (DCE, incluida).

- b. La existencia de concepciones simplistas acerca de la Ciencia, el trabajo científico y los propios científicos (empirista y ateorica, descontextualizada, elitista, aproblemática y ahistórica, rígida y algorítmica, etc.). No podemos detallar aquí dichas concepciones, que ya han sido expuestas y comentadas en diversos trabajos de investigación, como, por ejemplo: Fernández *et al.* (2005), García-Carmona y Acevedo (2016), etc., pero sí conviene insistir en el hecho de que las ideas que el profesor tenga respecto a la naturaleza de la Ciencia, el trabajo científico y los propios científicos pueden influir mucho en su enseñanza, desde el enfoque que dé a los trabajos prácticos, el sistema de evaluación que utilice, los contenidos que seleccione... hasta los métodos de enseñanza que lleve a cabo en sus clases.
- c. La idea de que el fracaso escolar y las actitudes negativas de muchos alumnos hacia algunas asignaturas de ciencias, obedecen

exclusivamente a causas externas (sobre las que el profesor difícilmente puede actuar), como la influencia de un medio socialmente desfavorecido, problemas familiares, diferencias supuestamente innatas en capacidad intelectual o la complejidad intrínseca atribuida a las materias científicas, es otra concepción simplista (o reduccionista) que conviene considerar. Se trata de una idea de carácter exculpatorio y que se halla bastante extendida entre los educadores. Su existencia dificulta la búsqueda y el estudio de la posible relación del fracaso escolar y desinterés hacia las ciencias, con otros factores inherentes al propio proceso educativo que, sin duda, también pueden influir (y sobre los que el profesorado *sí* que puede actuar). Entre otros: la metodología empleada para enseñar, los materiales de trabajo utilizados, la forma de evaluar y calificar, el funcionamiento del aula y del centro escolar o la relación entre el profesor y sus alumnos.

- d. Ideas y actitudes simplistas sobre la evaluación del aprendizaje del alumnado en materias científicas (véase Alonso, Gil y Martínez Torregrosa, 1992) como, por ejemplo: la supuesta objetividad de las calificaciones obtenidas en las pruebas realizadas, pensar que evaluar consiste en calificar al final lo que el alumno ha aprendido antes, reducir la evaluación a lo más fácilmente medible, escasa coherencia entre los contenidos tratados y los evaluados, etc.

Separación de los contenidos educativos de los científicos

En la enseñanza de las ciencias tiene gran importancia desarrollar en el alumnado la competencia científica. Ello implica, entre otras cosas, enseñar a plantearse problemas de interés y saber precisarlos, elaborar hipótesis fundadas y posibles diseños para su contrastación, realizar análisis críticos, argumentar, modelizar, búsqueda de coherencia, etc.; rompiendo con hábitos de pensamiento muy enraizados, lo que supone un verdadero cambio

metodológico. Sin embargo, hay que ser conscientes de que dicho cambio conlleva unos determinados requerimientos y que *no es posible avanzar en él dejando de lado la adquisición de unos contenidos conceptuales*. En efecto: no se puede enseñar la competencia científica en abstracto, como tampoco es posible llevar a cabo ninguna investigación científica fuera de un marco conceptual determinado. Pues bien, en la enseñanza de la DCE ocurre algo parecido, pudiendo afirmarse que los contenidos educativos van indisolublemente unidos a los científicos, de otra forma queda desvirtuada y no es tal. En otras palabras: no se puede enseñar DCE sin saber ciencias y sin utilizar contenidos propios de las materias científicas en el proceso.

Sin embargo, no es raro encontrar cursos de formación en los que esta se concibe como una simple suma de unos contenidos científicos (esencialmente conceptuales), por un lado, y unos elementos genéricos de educación (esencialmente psicología, pedagogía y sociología) por otro (Michellini *et al.*, 2013). Esta separación de los contenidos educativos de los científicos se ha mostrado muy poco eficaz (Michellini, 2004; Viennot *et al.*, 2005). En efecto, si una determinada estrategia de enseñanza, por ejemplo, se estudia ignorando los contenidos en los que va a ser implementada, los profesores probablemente no sabrán identificar los aspectos esenciales, ni adaptar a su asignatura aquello que les ha sido presentado en términos demasiado abstractos, pudiéndose generar actitudes de rechazo hacia unos planteamientos que no conectan claramente con los problemas percibidos por ellos al tratar de enseñar los contenidos de su materia. En definitiva: no se puede enseñar a enseñar sin tener muy en cuenta el contenido que hay que enseñar. En las facultades de educación, y en la formación del profesorado de ciencias en general, es necesario asegurarse de que se cumpla este principio, porque en ocasiones se observa una clara separación entre quienes imparten los contenidos científicos (con una metodología tradicional que ignora los avances de la DCE) y quienes

imparten los contenidos didácticos (con una presencia escasa o nula de contenidos científicos de las materias que los futuros profesores habrán de enseñar).

Falta de materiales educativos innovadores adecuados

Existen resultados de gran interés en torno a aspectos claves para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, como los citados con anterioridad a título de ejemplo (ideas alternativas, trabajos prácticos, resolución de problemas de lápiz y papel... o la misma evaluación), que son fruto de numerosas investigaciones ya realizadas y sobre los cuales se da un importante consenso. Sin embargo, la situación es *radicalmente diferente* en lo que se refiere a la existencia de materiales educativos innovadores, elaborados de forma coherente con las orientaciones didácticas emanadas de esas investigaciones. Dicha elaboración es una tarea necesaria (y, por otra parte, inacabable) para que esos resultados puedan, en principio, traducirse en mejoras realmente significativas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

En efecto, una conclusión ampliamente aceptada entre los investigadores de DCE es la necesidad de impulsar estrategias de indagación e investigación en el alumnado, dentro de lo que es la competencia científica. Esto es lo que se enfatiza, por ejemplo, en un documentado estudio sobre la formación del profesorado de ciencias, realizado recientemente en Estados Unidos (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2015), en el que se afirma: "Research has shown that students best understand scientific ideas when they actively apply their knowledge while engaging in the *practices* of science, for example, modeling, developing explanations or solutions, and arguing about evidence...".

A ello hemos de añadir que, en nuestra opinión, esta estrategia no puede desarrollarse con éxito si se hace de manera parcelada (por ejemplo, solo en las prácticas de laboratorio), sino que hay

que extenderla también a otras actividades (como la resolución de problemas de lápiz y papel o la introducción de conceptos). Ahora bien, la DCE no puede (ni debe) limitarse a dar esas recomendaciones, una limitación que de acuerdo con Vilches y Gil-Pérez (2013) podría relacionarse con la existencia de una concepción según la cual las investigaciones deberían centrarse en estudiar problemas relativos a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, pero sin descender a la elaboración de propuestas de actuación concretas en el aula (lo que sería ya calificado como “simple” innovación). Esta situación es coherente, por otra parte, con que en algunas revistas de investigación didáctica se rechacen frecuentemente aquellos trabajos que se consideren de innovación, por muy fundamentados que puedan estar. No se tiene en cuenta, sin embargo, el hecho de que, análogamente a como ocurre en otros campos de la investigación científica como la Física o la Química, tampoco pueden darse realmente por válidos los análisis críticos o las explicaciones a los problemas estudiados en una investigación didáctica hasta que no vayan acompañados de pruebas sólidas que muestren cómo al incidir sobre las supuestas causas, se producen resultados coherentes con las hipótesis manejadas y eso requiere, en muchos casos, de la innovación en el aula.

Es necesario, pues, impulsar desde la propia DCE la elaboración de trabajos prácticos, de colecciones de problemas, de introducciones de conceptos, etc., siguiendo las orientaciones de las investigaciones realizadas en cada caso y, finalmente, el diseño de temas o unidades didácticas completas (incluyendo propuestas para su evaluación), en las que se integren todas estas aportaciones innovadoras (junto con otras) de forma coherente, implicando en ello al profesorado de aula. Eso también debería formar parte de la DCE. Sin embargo, los proyectos de estas características ya realizados y experimentados, impulsados por alguna universidad o institución académica de

reconocido prestigio son todavía demasiado escasos y, sobre todo, poco conocidos por la mayoría del profesorado de ciencias. Podemos mencionar, a título de ejemplo el, ya clásico, *Children Learning In Science Project*, dirigido por Rosalind Driver y elaborado en la Universidad de Leeds, con la colaboración del profesorado de aula al que iba dirigido y que se experimentó (a finales de la década de 1980) como un intento de plasmar las orientaciones de cambio conceptual, en la elaboración de temas completos para ser impartidos a los alumnos. Otros proyectos más actuales son los *National Science Education Standards* de Estados Unidos o los *Pollen y Sinus-Transfer* en la Comunidad Europea (citados en Rocard *et al.*, 2007). Señalar también, la existencia de *Programas de Actividades* (ved ejemplos en Gil *et al.*, 1991; Carrascosa *et al.*, 2014³) como instrumentos con los cuales los alumnos pueden, con la ayuda y orientaciones que sean necesarias por parte del profesor, construir conocimientos desarrollando la competencia científica.

Una formación didáctica limitada a temas puntuales que se presentan inconexos

En nuestra opinión, para que la DCE pueda ser aprovechada con éxito por el profesorado, es preciso enseñarla de forma que se pueda percibir la conexión existente entre los distintos temas que forman parte de lo que hemos denominado anteriormente como su núcleo duro. En efecto, una formación puntual en un solo aspecto (por ejemplo, en “introducción de conceptos”) en el que se proponen determinados enfoques u orientaciones innovadoras, a pesar de su indudable interés intrínseco, antes o después acabará en nada si no se amplía también a otros aspectos claves (sin que por eso se den incoherencias) y no se refleja todo ello adecuadamente en el proceso evaluador. Solo de esta forma, profesores y profesoras serán capaces de articular todos los aspectos claves a los que

³ O en la web, véase: didacticafisicaquimica.es

nos hemos referido (introducción de conceptos, trabajos prácticos, problemas de lápiz y papel, relaciones CTSA, etc.) e integrarlos, junto con otros, de forma funcional en la elaboración de unidades didácticas de Física, Química, Biología, etc.; y también en el propio sistema de evaluación de cada una de dichas unidades, con el propósito de aplicar y experimentar todo ello en el aula. Diveros autores, conscientes de este problema, apuntan la necesidad de una formación intensiva del profesorado en DCE, capaz de superar estas limitaciones (Solbes *et al.*, 2004; Bañas *et al.*, 2009).

Así pues, conviene desde la DCE impulsar toda una serie de medidas que permitan avanzar en la solución a este problema como, por ejemplo: 1) que los contenidos didácticos específicos manejados en la formación del profesorado estén conectados entre sí y se muestre en ellos dicha conexión de forma explícita (Carrascosa, *et al.*, 2014); 2) una elevada coordinación entre los profesores que imparten los contenidos, que habrán de asegurarse también de que sus alumnos perciben toda esa coherencia; 3) cursos de formación docente de larga duración, que permitan la identificación y transformación de posibles concepciones simplistas y en los que se traten la mayor parte posible de los contenidos básicos que conforman el núcleo duro de la DCE, incluyendo un bloque específico sobre cómo se pueden integrar esos contenidos (o sus implicaciones para la enseñanza de las ciencias), en la elaboración de unidades didácticas concretas (Física, Química, etc.) para ser utilizadas con los alumnos en el aula (véase Verdú *et al.*, 2002 o la página web: didactica fisica quimica.es).

Metodología para el aprendizaje de los contenidos de didáctica de las ciencias incoherente con la propia didáctica de las ciencias

Es un hecho constatado, desde hace ya tiempo, que una parte de los cursos de formación en DCE están diseñados para transmitir los resultados de las investigaciones educativas, tomando a los profesores que los reciben como simples

receptores-consumidores. Sin embargo, si la enseñanza por transmisión verbal de conocimientos ya elaborados presenta serias deficiencias con el alumnado... ¿por qué habría de funcionar bien en la formación del profesorado? Como afirma Kortaghen (2010): algo importante debe fallar si todavía se sigue ese enfoque tradicional en la formación del profesorado.

Ya se ha comentado anteriormente que, al igual que los alumnos tienen ideas alternativas (a veces muy enraizadas) respecto a determinados conceptos básicos, una gran parte del profesorado en formación tiene también un pensamiento docente de "sentido común" y algunas creencias previas cuyo cambio supone un desafío fundamental (Russell y Martin, 2007). Esta similitud es, sin duda, importante. Pero lo que realmente nos interesa destacar aquí es que dicho desafío, al igual que ocurre en el caso de los alumnos, difícilmente puede afrontarse con éxito mediante un modelo de enseñanza basado en la simple transmisión-recepción verbal de conocimientos. Además, la transmisión verbal tampoco permite que los profesores en formación experimenten en sí mismos muchas propuestas educativas innovadoras, que es, precisamente la forma más eficaz de conocerlas y valorarlas. Resulta absurdo, por ejemplo, hablar de propuestas didácticas y estrategias de enseñanza basadas en una metodología activa y participativa o de cómo desarrollar en los alumnos la competencia científica, mediante simples lecturas, conferencias y evaluaciones tipo test, y más absurdo aún es pretender que luego el profesorado así formado pueda poner todo ello en práctica de forma eficaz.

Por otra parte, conviene insistir en que el uso de nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), a pesar de su indudable interés para la enseñanza en general y de las ciencias en particular, no supone por sí mismo una garantía de que la apropiación de los contenidos tratados se realice con una metodología adecuada (como ya se ha comentado anteriormente). Incluso, puede haber cursos masivos de formación didáctica *on line* para profesorado de secundaria en los que las

estrategias de enseñanza se basen exclusivamente en la simple transmisión de conocimientos, aunque en este caso dicha transmisión, y su correspondiente evaluación (generalmente tipo test), se realicen por vía telemática.

En definitiva: para poder desarrollar una formación didáctica de calidad, es preciso que exista una elevada coherencia entre lo que se hace y cómo se hace al enseñar DCE y lo que, durante ese proceso, se dice que el profesorado ha de hacer y cómo lo debe hacer para enseñar ciencias a sus alumnos en un aula.

Fractura existente entre actividad investigadora y actividad docente

La mejora de la enseñanza requiere no solo abordar los problemas desde una óptica investigadora sino, también, que el conocimiento generado sea compartido por el profesorado. A pesar de ello, y aunque esto pueda parecer algo obvio, la realidad es que, en el campo educativo la fractura existente entre investigación y docencia ha sido (y sigue siendo) demasiado grande (Russell y Martin, 2007; Solbes *et al.*, 2013). Muchos profesores no parecen muy proclives a incorporar en sus clases los avances de la investigación educativa (Martín, Prieto y Jiménez, 2015) y miran a los investigadores con recelo, viéndolos en general, como teóricos que desconocen la realidad de las aulas. Existen diversas explicaciones a esas reticencias. A continuación, comentaremos un par de ellas:

En primer lugar, es preciso tener muy en cuenta las condiciones laborales de una gran parte del profesorado, con aulas masificadas, horarios lectivos muy extensos, bajos salarios, etc., (situación que se agrava en la enseñanza privada y especialmente en algunos países donde muchos profesores han de recurrir al pluriempleo para poder vivir dignamente).

En segundo lugar, el que alguien de fuera explique qué hay que hacer (sin que el profesorado al que se dirige haya participado mínimamente en ese proceso), con el convencimiento de que basta

exponer nuevas propuestas didácticas con claridad y una buena fundamentación, para que rápidamente sean aceptadas y aplicadas en el aula, es una pretensión, cuando menos, bastante ingenua y que ha sido cuestionada por muchos autores que plantean la necesidad de que los profesores participen en procesos de investigación y de innovación, para favorecer su implicación efectiva en la mejora de la enseñanza (Hewson, 2007; Wallace y Loughran, 2012; Taylor, *et al.*; 2012). Por ello, al igual que Ritchie (2008), pensamos que la investigación realizada *por* y *con* los profesores tienen un efecto transformador muy superior que aquella llevada a cabo en ámbitos académicos *para* y *sobre* los profesores.

Esta situación, al menos en lo que se refiere a la DCE, parece estar mejorando algo en los últimos años. Como lo demuestra el gran número de revistas específicas existente, lo que evidencia, no solo una abundancia de investigaciones en este campo, sino también un mercado que las consume y que va en aumento. No obstante, la relación entre el profesorado de ciencias de secundaria y la investigación didáctica es todavía escasa (De Pro, 2009) y se precisa un mayor esfuerzo por aumentarla (Carrascosa *et al.*, 2014). En otras palabras: la investigación didáctica no producirá un impacto real en la docencia, a menos que el profesorado se implique también en ella. Por tanto, es preciso un mayor esfuerzo colectivo para superar todos los obstáculos que dificultan dicha implicación (Oliiva, 2011). No solo por parte del propio profesorado afectado, sino también por las autoridades educativas correspondientes, que han de implementar políticas adecuadas y poner a disposición profesores y profesoras todo lo necesario.

Más concretamente: resulta absurdo hablar de que el profesorado se implique activamente en tareas de investigación e innovación (y con ello en la mejora de la enseñanza), mientras sigan existiendo currículos inabordables, escaso número de horas semanales para cada materia (que en muchos casos no son horas, sino periodos de 45 o 50 minutos), excesivo número de grupos a los que dar

clase, bajos salarios, contenidos educativos que cambian cada vez que se da un cambio de gobierno, falta de medios e incentivos, exceso de horas lectivas totales, inestabilidad laboral, etc.

Pero, independientemente de esa situación (que requiere de una acción fundamentalmente política y sindical), los departamentos de didáctica de las ciencias de las universidades deberían esforzarse más por iniciar a los futuros profesores en la investigación didáctica, las revistas específicas por fomentar los trabajos de innovación y los investigadores en general por llevar a cabo, también, trabajos y proyectos a los que se incorpore el profesorado de aula.

Aplicación mecánica de otros campos de conocimiento a la DCE

La educación científica no está exenta aún de discusiones y polémicas acerca de qué enseñar y qué métodos de enseñanza conviene utilizar. En algunos países como España esas disputas se ven agravadas y fomentadas por unas políticas educativas erráticas y muy poco estables. Además, hay que tener en cuenta que la DCE, a pesar de los claros avances experimentados desde la década de 1980, aún no ha logrado ser percibida de forma generalizada como el cuerpo global y coherente de conocimientos que de hecho es. En sus inicios, era normal encontrar trabajos de investigación con una fundamentación teórica centrada en psicología educativa o pedagogía general. Afortunadamente, esta situación ha cambiado y hoy ya es posible realizar la fundamentación teórica de los trabajos de investigación didáctica, utilizando el propio cuerpo de conocimientos de la DCE. No obstante, que sea posible no significa que sea algo general.

De Pro (2009) en relación a la brecha existente entre investigación y docencia, se sorprendía de la escasa participación del profesorado de secundaria en los últimos congresos de didáctica de las ciencias realizados en España, siendo que este colectivo fue un gran impulsor de las

anteriores ediciones de dichos congresos, y señalaba la necesidad de investigar las causas de esa desconexión.

Sin duda, el problema es complejo y las causas varias (en este trabajo se han comentado ya algunas), pero quizás se pueda añadir el hecho de que bastantes profesores de secundaria piensan que una gran parte de los contenidos sobre los que se ocupa la DCE en la actualidad tienen una carga excesiva de Psicología, Pedagogía y Sociología, en donde continuamente se está cambiando el foco de atención (objetivos, capacidades, competencias...) y en donde (y esto es lo más grave) quedan relegados a un segundo plano los contenidos científicos propios de las materias a enseñar y los problemas concretos que conlleva el aprendizaje de los mismos, olvidando a menudo todo lo que ya se ha logrado o pretendiendo reinventarlo simplemente a base de un cambio en la terminología utilizada. Coincidimos plenamente, pues, con Micheleni *et al* 2013., cuando, refiriéndose a la didáctica de la Física, señalan que:

La formación inicial de los profesores es un campo en el que la investigación en la Didáctica de la Física ha trabajado durante mucho tiempo. No se debe confundir con la investigación pedagógica sobre la enseñanza o la investigación psicológica sobre el aprendizaje individual, o con los estudios sociológicos sobre la organización de la actividad escolar. Está vinculada a la construcción de competencias para producir aprendizaje específico de carácter disciplinar (el aprendizaje de la materia).

De acuerdo con lo expuesto, pensamos que sería conveniente que desde las facultades de educación y otros centros de formación del profesorado, se impulse la formación en contenidos específicos de DCE (Carrascosa *et al.*, 2014), evitando que dicha formación quede reducida a conocimientos de Psicología y Pedagogía generales o que se contemple como una simple aplicación práctica de estos campos.

Incorporación escasa de nuevas necesidades formativas

Desde hace tiempo, diversos organismos internacionales vienen llamando la atención para que los educadores contribuyamos a que la ciudadanía desarrolle un conocimiento adecuado sobre los graves problemas (contaminación, agotamiento de recursos, cambio climático, superpoblación...) a los que se enfrenta hoy la humanidad. Este llamamiento adquirió una gran relevancia en 1992, durante la Cumbre de la Tierra convocada por Naciones Unidas en Río de Janeiro. En dicha cumbre se pidió explícitamente que *todos los educadores*, cualquiera que fuese nuestro campo específico de trabajo, contribuyésemos a hacer posible la participación ciudadana en la búsqueda de soluciones a una situación de verdadera emergencia planetaria. Todo ello llevó a Naciones Unidas a la institución de una década de la educación por un futuro sostenible (2005-2014), en la que se pretendía lograr la implicación de todos los educadores y, posteriormente, a su continuación en el "Programa de acción global: un compromiso renovado por la educación para la sostenibilidad".

Cabe preguntarse, pues, cómo puede el profesorado de ciencias responder a esos llamamientos e incorporar más y mejor la problemática de la sostenibilidad a la educación (Vilches y Gil Pérez, 2013). Para ello es necesario superar algunas concepciones y comportamientos simplistas, como, por ejemplo, el hecho de que muchos docentes vean en ello (educación para la sostenibilidad), una "desviación" que puede perjudicar la preparación académica de sus alumnos, y que la problemática de la sostenibilidad impregne todo el currículum oficial incorporándose a los planes educativos con la importancia que merece.

Todo ello exige, además de leyes educativas apropiadas, que dicha problemática se contemple también en la formación inicial y permanente del profesorado y, consecuentemente, en la DCE, desde la que se han de desarrollar ejemplos

y propuestas fundamentadas sobre las formas más eficientes de incorporar al currículo la educación para la sostenibilidad. Y ello, no solo en la didáctica específica de la Biología sino también en la del resto de didácticas específicas y en la DCE en general.

Conclusiones

La DCE se puede considerar ya como un cuerpo de conocimientos específicos, con un núcleo duro en el cual se encuentran, entre otros, aquellos resultados más directamente relacionados con aspectos que son claves para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (ideas alternativas, introducción de conceptos, resolución de problemas, trabajos prácticos, evaluación, etc.). En este trabajo se ha intentado mostrar que para que esos conocimientos puedan tener una incidencia mayor en la enseñanza y aumentar su percepción por parte del profesorado como una parte fundamental de un cuerpo específico de conocimientos, es necesario superar toda una serie de problemas que se oponen a ello.

La DCE que se imparte en las facultades de educación y en diferentes cursos y procesos de formación debería tenerlos muy en cuenta y tomar, en su caso, las decisiones oportunas para poder avanzar en su solución. Entre otras:

- Incorporar formación en algunos contenidos básicos, propios de la materia que los profesores han de enseñar y en la utilización didáctica de la Historia de la Ciencia y la Epistemología científica. Así como la formación en el uso adecuado de las nuevas TIC en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, evitando el absurdo de que las nuevas tecnologías vayan de la mano de viejas metodologías. Fomentar trabajos de investigación didáctica centrados en la elaboración de propuestas y ejemplos concretos sobre cómo utilizar applets, simuladores y otros recursos educativos digitales *dentro* de un modelo de enseñanza que se plantee de

forma explícita desarrollar en los alumnos la competencia científica, con todo lo que ello implica.

- Llevar a cuestionar y transformar el pensamiento docente espontáneo, respecto a temas tales como: la evaluación; la naturaleza de la ciencia y el trabajo científico; o las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio natural (CTSA).
- Impartir cursos extensos o intensivos de formación didáctica del profesorado en los que se estudien, al menos, los contenidos de DCE más relacionados con aspectos claves para la enseñanza y aprendizaje de las materias científicas (ideas alternativas, trabajos prácticos, resolución de problemas de lápiz y papel, relaciones CTSA, actitudes hacia la ciencia y su aprendizaje, evaluación, etc.). Y en donde sea posible percatarse no solo del interés de estos temas, sino también de la coherencia existente entre los distintos aspectos tratados en ellos, empleando unas estrategias metodológicas también coherentes con todo aquello que se propone.
- Fomentar la elaboración de materiales educativos concretos (temas o unidades didácticas) para desarrollar en el aula. En estos debe procurarse que se plasmen de forma coherente e integrada las principales orientaciones didácticas en aspectos claves como los citados, a título de ejemplo, en el párrafo anterior, incluyendo propuestas concretas para la evaluación del aprendizaje.
- Impulsar la introducción y familiarización de los profesores en formación en la investigación e innovación, planteando, por ejemplo, la réplica por su parte de investigaciones (o parte de investigaciones) ya realizadas, la elaboración de temas o unidades didácticas, la práctica en el aula de innovaciones educativas y análisis de sus resultados, etc.
- Centrar la investigación en problemas concretos de interés, relativos a la enseñanza y aprendizaje de los contenidos científicos presentes

en el currículo. Evitar reducir la DCE a una mera aplicación de otros campos de conocimiento como la Psicología o Pedagogía generales.

- Favorecer la implicación del profesorado en tareas de investigación e innovación didáctica, a través de la realización de proyectos y trabajos de interés para la docencia en las aulas, prestando una atención particular a todo lo relacionado con la educación para la sostenibilidad.

El desarrollo e incorporación, en la medida que corresponda, de propuestas como las anteriores en los programas, cursos, materiales utilizados y actividades en general para la formación didáctica del profesorado de ciencias experimentales. Es algo necesario si queremos tener profesionales capaces de enseñar bien y hacerlo cada vez mejor.

Una continuación lógica del trabajo aquí presentado sería evaluar hasta qué punto se plantean y se llevan a cabo este tipo de propuestas en los distintos cursos, programas o másteres (maestrías) que se realizan para la formación del profesorado en diferentes universidades (públicas y privadas). Esto proporcionaría una base de datos importante sobre la situación actual y permitiría elaborar y adoptar, de forma fundamentada, medidas apropiadas con las que contribuir a una mejora realmente efectiva del proceso de formación didáctica del profesorado de ciencias en formación y en activo y, consecuentemente, de la enseñanza de las ciencias.

Por nuestra parte, hemos intentado mostrar aquí unas bases teóricas, acordes con la DCE, que podrían servir para guiar y fundamentar futuras evaluaciones, comentando algunos aspectos concretos cuya presencia (o ausencia) convendría estudiar y analizar de forma exhaustiva.

Referencias

- Aragón-Méndez, M. M., García-Carmona, A. y Acevedo-Díaz, J. A. (2016). Aprendizaje de estudiantes de secundaria sobre la naturaleza de

- la ciencia mediante el caso histórico de Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Científica*, 27, 302-317. Doi: [10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.27.a1)
- Alonso, M., Gil, D. y Martínez-Torregrosa, J. (1992). Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación. Obstáculos a superar y propuestas de replanteamiento. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), 18-38.
- Bañas, C., López, A., Mellado, V. y Ruiz, C. (2009). Metacognition and professional development of secondary education science teachers: a case study. *Journal of Education Research*, 3(1-2), 129-148.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de las concepciones alternativas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(3), 388-402.
- Carrascosa, J., Domenech, J., Martínez, J., Osuna, L. y Verdú, R. (2014). *Curso básico de Didáctica de las Ciencias. Enseñanza secundaria. Profesorado de ciencias en formación y en activo*. Recuperado de: didacticafisicaquimica.es
- Cortés Pascual, A., Cano Escoriaza, J. y Orejudo Hernández S. (2015). Competencias, valores laborales y formación previa antes y después del Practicum: un estudio con alumnado del Máster de Formación del Profesorado de Secundaria de la Universidad de Zaragoza. *Investigación en la escuela*, 85, 19-32.
- De Pro Bueno, A. (2009). ¿Qué investigamos sobre la Didáctica de las Ciencias Experimentales en nuestro contexto educativo? *Investigación en la escuela*, 69, 45-69.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? En: *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* (capítulo 2, pp. 29-62). Santiago, Chile: Oreal, Unesco.
- García-Carmona, A. y Acevedo, J. A. (2016). Concepciones de estudiantes de profesorado de educación primaria sobre naturaleza de la ciencia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 21(69), 583-610.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991). La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Horsori. Barcelona.
- Gil-Pérez, D. y Vilches, A. (2004). La formación del profesorado de ciencias de secundaria y de universidad. *Educación Química*, 15(1), 43-58.
- Hewson, P. W. (2007). *Teacher professional development in science*. En: S. K. Abell y N. G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1177-1203). Nueva Jersey: Lawrence Erlbaum Ass.
- Kortaghen, F. (2010). La práctica, la teoría y la persona en la formación del profesorado. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 68(24, 2), 83-101.
- Marchesi, A., Martín, E., Casas, E., Ibáñez, A., Monguillot, I., Riviere, V. y Romero, F. (2005). *Tecnología y aprendizaje. Investigación sobre el impacto del ordenador en el aula*. Madrid: Ediciones SM.
- Martín, C., Prieto, T. y Jiménez, A. (2015). Tendencias del profesorado de ciencias en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 167-184.
- Michellini, M. (ed.) (2004). *L'educazione Scientifica nel raccordo territorio/università a Udine*. Udine: Forum.
- Michellini, M., Santi, L. y Stefanel, A. (2013). La formación docente: un reto para la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(número extraordinario), 846-870.
- National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (2015). *Science Teachers Learning: Enhancing Opportunities, Creating Supportive Contexts*. National Academies Press.
- Ritchie, S. M. (2008). Editorial: The next phase in scholarship and innovative research in science education. *Research in Science Education*, 38(1), 1-2. Doi: [10.1007/s11165-007-9071-8](https://doi.org/10.1007/s11165-007-9071-8)

- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bélgica: European Commission. Community Research. Recuperado de: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Russell, T. y Martin, A.K. (2007). *Learning to teach science. Handbook of research on Science Education* (pp. 1151-1178). Nueva York: Routledge, Taylor & Francis group.
- Sanmartí, N. e Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, 71-83.
- Solbes, J., Domínguez-Sales, M.C., Fernández-Sánchez, J., Furió, C., Cantó, J.R. y Guisasola, J. (2013). ¿El profesorado de Física y Química incorpora los resultados de la investigación en Didáctica? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 27, 155-178.
- Solbes, J., Furió, C., Gavidia, V. y Vilches, A. (2004). Algunas consideraciones sobre la incidencia de la investigación educativa en la enseñanza de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 52, 103-110.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Furió, C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- Taylor, P.C., Taylor, E. y Luitel, B.C. (2012). Multi-paradigmatic Transformative Research as/for Teacher Education: An Integral Perspective. En: B. J. Fraser, K. To-bin y McRobbie C. J., *Second International Handbook of Science Education* (pp. 295-306). Dordrecht: Springer. Doi: [10.1007/978-1-4020-9041-7_21](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_21)
- International Handbook of Science Education* (pp. 373-387). Dordrecht: Springer. Doi: [10.1007/978-1-4020-9041-7_26](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_26)
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 5(3), 274-292.
- Verdú, R., Martínez Torregrosa, J. y Osuna, L (2002). Enseñar y aprender en una estructura problematizada. *Alambique*, 34, 47.
- Viennot, L., Chauvet, F. O., Colin, P. y Rebmann, G. (2005). Designing strategies and tools for teacher training: The role of critical details, examples in Optics. *Science Education*, 89(1), 13-27. Doi: [10.1002/sc.20040](https://doi.org/10.1002/sc.20040)
- Vilches, A y Gil Pérez, D. (2009). Una situación de emergencia planetaria a la que debemos y podemos hacer frente. *Revista de Educación*, número extraordinario, 101-122.
- Vilches, A. y Gil Pérez, D. (2013). Ciencia de la sostenibilidad: un nuevo campo de conocimientos al que la Química y la Educación Química están contribuyendo. *Educación Química*, 24(2), 199-206. Doi: [10.1016/s0187-893x\(13\)72463-7](https://doi.org/10.1016/s0187-893x(13)72463-7)
- Waldrop, M. (2015). Why we are teaching science wrong and how to make it right. *Nature*, 523, 272- 274. Doi: [10.1038/523272a](https://doi.org/10.1038/523272a)
- Wallace, J. y Loughran, J. (2012). Science Teacher Learning. En: B.J. Fraser, K. To-bin y McRobbie C. J., *Second International Handbook of Science Education* (pp. 295-306). Dordrecht: Springer. Doi: [10.1007/978-1-4020-9041-7_21](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7_21)





Análisis de problemas en Estadística y Probabilidad en libros de texto de segundo año de Educación Secundaria

An analysis of problems in statistics and probability in second year educational text books

Análise de problemas de estatística e probabilidade nos livros didáticos do segundo ano do ensino médio

Nicolás Andrés Sánchez Acevedo¹

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Sánchez, N. (2017). Análisis de problemas en Estadística y Probabilidad en libros de texto de segundo año de Educación Secundaria. *Revista Científica*, 30 (3), 181-194. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12289>

Resumen

La sociedad demanda hoy día que todo ciudadano logre desarrollar la capacidad de interpretar y cuestionar distintos fenómenos presentes en tablas, gráficos y datos; estas capacidades deben desarrollarse de forma progresiva desde los primeros años de educación. Para ello, también se hace necesario que los recursos apunten al desarrollo de estas, como por ejemplo el libro de texto de matemáticas. El siguiente trabajo tiene por objetivo analizar los tipos de problemas propuestos en dos libros de texto de matemática de segundo año de enseñanza secundaria, en el eje temático de estadística y probabilidad. Ambos textos fueron aquellos que se licitaron y distribuyeron gratuitamente y responden a dos periodos curriculares distintos: 1) aquel en que estaban vigentes las antiguas bases curriculares; y 2) el otro donde se implementaron las bases curriculares actuales. El uso del libro de texto escolar por estudiantes y profesores asume la premisa de que las diversas tareas propuestas deben tender a la resolución de

problemas. La investigación se llevó a cabo por medio de una metodología cualitativa a través del análisis de contenido. Se usaron las categorías teóricas propuestas por Díaz y Poblete (2001). Dentro de los resultados encontrados se identifica mayormente problemas de tipo rutinarios que sirven para mecanizar procesos; los problemas no rutinarios o de contexto real aparecen en muy pocos casos.

Palabras clave: análisis de texto; tipos de problemas; estadística; probabilidad.

Abstract

At present society demands that every citizen manage to develop the capacity to interpret and question different phenomena present in tables, graphs and data, capacities that must be developed progressively from the earliest years of education. For this, it is also necessary that the resources point to the development of these skills, such as the textbook of Mathematics. The objective of the present work is to analyze the types of problems proposed

¹. CICATA - Instituto Politécnico Nacional, Universidad Academia Humanismo Cristiano. Santiago de Chile, Chile. Contacto: nicolas.sanchez@colegiopedroapostol.cl

in two Secondary Mathematics textbooks in the thematic area of Statistics and Probability. Both texts were those that were tendered and distributed free of charge and respond to two different curricular periods: 1) the one in which the old curriculum bases were in force and the other 2) when the current curricula were implemented. The use of the school textbook book by students and teachers assumes the premise that the various tasks proposed should tend to solve problems. The research was carried out through a qualitative methodology through content analysis. The theoretical categories proposed by Díaz and Poblete (2001) were used. Among the results found most routine problems are identified that serve to mechanize processes; The non-routine problems or real context, appear in very few cases.

Keywords: text analysis; types of problems; statistics; probability.

Resumo

Atualmente, a sociedade exige que todos os cidadãos consigam desenvolver a capacidade de interpretar e questionar diferentes fenômenos presentes em tabelas, gráficos e dados, capacidades que devem ser desenvolvidas progressivamente desde os primeiros anos de educação. Para isso, também é necessário que os recursos apontem para o desenvolvimento dessas habilidades, como o livro de Matemática. O objetivo do presente trabalho é analisar os tipos de problemas propostos em dois livros didáticos de Matemática Secundária na área temática de Estatística e Probabilidade. Ambos os textos foram aqueles que foram oferecidos e distribuídos gratuitamente e respondem a dois períodos curriculares diferentes: 1) aquele em que as antigas bases curriculares estavam em vigor e a outra 2) quando os currículos atuais foram implementados. O uso do livro de livros escolares por estudantes e professores assume a premissa de que as várias tarefas propostas tendem a resolver problemas. A pesquisa foi realizada através de uma metodologia qualitativa através da análise de conteúdo. As categorias teóricas propostas por Díaz e Poblete (2001) foram utilizadas. Entre os resultados encontrados, identificam-se a maioria dos problemas de rotina que servem para mecanizar

processos; Os problemas não rotineiros ou o contexto real, aparecem em poucos casos.

Palavras-chaves: análise de texto; tipos de problemas; estatística; probabilidade.

Introducción

La estadística como disciplina escolar se ha insertado de forma gradual y ha mostrado un gran desarrollo, tanto a nivel de contenidos como de recursos para su enseñanza. Dentro de los recursos que forman parte en el proceso de aprendizaje de los estudiantes aparece el libro de texto, el cual se ajusta a las normativas de licitación que exige el Ministerio de Educación de Chile (de aquí en adelante Mineduc) para cada año en curso.

La nueva base curricular de matemáticas, dentro de sus cuatro ejes temáticos, define el de *estadística y probabilidad* como uno de los más relevantes dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, principalmente por las relaciones que es posible establecer con otras áreas del conocimiento y respondiendo “a la necesidad de que todos los y todas las estudiantes aprendan a realizar análisis, inferencias y obtengan información a partir de datos estadísticos” (Mineduc, 2013, p. 100). Los múltiples elementos relacionados con la estadística en diversos medios de comunicación, tanto escritos como audiovisuales, ponen en evidencia la importancia de profundizar en la enseñanza de estas ramas de las matemáticas para desenvolverse en la actual sociedad.

De esta forma, para propiciar un proceso de enseñanza en el eje temático de estadística y probabilidad, se hace necesario disponer de recursos de aprendizaje que permitan mostrar las ideas, conceptos y ejemplos de forma variada. En particular, los artefactos tecnológicos muchas permiten ver desde una perspectiva real los fenómenos aleatorios que se pretenden estudiar, por ejemplo, *Fathom* y *TinkerPlots* son relevantes para las necesidades que declaran desarrollar la base curricular de matemáticas en el nivel secundario (Franklin et al., 2007). A pesar de esto, el recurso utilizado por

excelencia, en la mayoría de los casos, es el libro de texto. Se convierte así en el recurso de base sugerida, del cual se pueden analizar, estructurar y desarrollar secuencias de aprendizaje *coherentes* con los programas curriculares.

Algunas investigaciones (Escolano, 2009; Díaz-Levicoy y Roa, 2014; Ceballos y Blanco, 2008; Fernández y Mejía, 2010), centradas en libro de texto en el eje de estadística y probabilidad, han dado cuenta de las inconsistencias en los tipos de tareas, problemas y las estructuras que presentan los libros de textos. Por ejemplo, las diferencias que muestran en relación a los tipos de problemas que presentan, algunos hacen mayor énfasis en problemas de tipo mecanicista y otros dan prioridad situaciones más aplicadas a la experimentación o menos rutinarias, es decir, aquellos más orientados hacia la resolución de problemas.

El material utilizado para la presente investigación corresponde a libros licitados y distribuidos de manera gratuita por el Ministerio de Educación a establecimientos de dependencia municipal y particular subvencionada. Este recurso debe cumplir los requerimientos mínimos de calidad. Un texto se dice que es de calidad si cumple con los normativos legales, ministeriales, de directrices y es ajustado a los estudiantes en su aprendizaje (Vidal, 2010).

En este trabajo se presenta una tipología de problemas que permite clasificar y analizar los problemas de acuerdo a los datos y su estructura, en dos libros de texto; uno de ellos, utilizado antes de la reforma curricular y el otro usado posterior a esta.

Problemas y resolución de problemas: una caracterización

Dentro de las causas que problematizan la enseñanza de las matemáticas escolares se encuentra aquellas relacionadas con ajustes en los programas de estudio, la falta de profundidad en los contenidos escolares, unas matemáticas vacías de contexto o en algunos casos, ficticios. Los tipos de

actividades que proponen los libros de texto deben propender a la promoción de nuevas y novedosas actividades. Para Krulik y Rudnik (1980), un problema es un escenario donde los resolutores necesitan encontrar una solución, en la cual no conocen los medios o caminos lógicos para obtenerla.

En relación con lo anterior, Mineduc afirma que “la enseñanza deberá contribuir a un mejor desempeño de las personas en la vida diaria a través de [...] resolver problemas cotidianos del ámbito familiar social y laboral” (1999, p. 47).

Varios investigadores se han interesado por la resolución de problemas, dando una connotación para el desarrollo de *competencias matemáticas* en los estudiantes. Esta es entendida como “la capacidad de los individuos para formular, emplear e interpretar la matemática en distintos contextos” (Mineduc, 2013, p. 12). En este sentido, el papel que juega la resolución de problemas para el desarrollo de estas competencias es relevante, pues permite “buscar formas conscientes de acción y apropiadas para lograr un objetivo claramente concebido pero no alcanzable de forma inmediata” (Polya, 1962, p. 117). Por su parte, Schrock (2000) plantea que un problema debe tener tres criterios que permitan clasificarlo como tal: 1) el alumno debe aceptar que estará implicado en el problema; 2) debe tener cierto grado de obstrucción y no poseer un método para solucionar de inmediato el problema; y 3) debe explorar activamente el problema en busca de una solución.

Las situaciones problemas no necesariamente se circunscriben a la adecuación de un ejercicio en un contexto; en este sentido, Schoenfeld (1992) plantea que los términos de *problemas* y *resolución de problemas* a menudo presentan diferentes significados y estas interpretaciones en la literatura dificultan la interpretación. Por ejemplo, Schoenfeld (1983, citado en Schoenfeld, 1992) propone una serie de categorías en función de los objetivos que pueda perseguir algún curso basado en las respuestas de resolución de problemas: 1) entrenar a estudiantes en pensamiento creativo o el

desarrollo de competencias para la resolución de problemas (basado en estrategias heurísticas); 2) permitir a los profesores potenciar la instrucción con situaciones que no necesariamente sean limitadas para los estudiantes; 3) aprender técnicas estándares de dominios particulares, además de permitir la posibilidad de la modelación matemática; y 4) entregar nuevas aproximaciones remediales en matemáticas (herramientas básicas) para tratar de inducir un *pensamiento crítico* o herramientas de *razonamiento analítico*.

Del Valle (1997) plantea que es necesario reconocer que la resolución de problemas es parte integral de una alfabetización matemática; y esta es entendida como la capacidad para analizar, razonar y comunicar eficazmente, cuando enuncian, formulan y resuelven problemas en diferentes contextos (Rico, 2006). Se da en el contexto de un conjunto de nuevas exigencias planteadas por el avance de la sociedad, la cual reclama aprendizajes significativos y destrezas intelectuales de orden más elevado que las que actualmente se propician.

Como parte necesaria del conocimiento para alcanzar dicha alfabetización matemática (en el sentido de Rico, 2006), Sánchez (2012) plantea que se hace necesario no descuidar los aspectos formales en la enseñanza de la matemática, en tanto brinda un soporte en la adquisición del conocimiento matemático, construyendo y reconstruyendo unas matemáticas con sentido crítico y reflexivo en la apropiación del saber matemático.

Hoy en día la resolución de problemas es el foco en la enseñanza de las Matemáticas [...], da al estudiante la ocasión de enfrentarse a situaciones desafiantes que requieren, para su resolución, variadas estrategias, poner en juego contraejemplos y comprobar soluciones en el contexto del problema para validar sus respuestas. (Mineduc, 2012)

Hacia una cultura estadística

Hasta hace algunos años no se apreciaba un mayor interés en la investigación sobre la enseñanza

y aprendizaje de la estadística. Hoy en día el interés en esta área ha suscitado mayor preocupación en el tema, considerando la gran cantidad de información que aparece en distintos medios y que debe ser comprendida por todo ciudadano. Los enfoques actuales que proponen diversos programas de estudio es que la estadística debe estar enfocada en el análisis de datos, de dónde y cómo surgen, donde los estudiantes tengan los espacios para experimentar con estos, elaborar, proponer y hacer preguntas de investigación, justificando la forma en que se seleccionan los datos y la importancia que tiene el tamaño de la muestra que se toma para hacer predicciones a la población (Batanero, Contreras y Arteaga, 2011).

El eje temático de *Estadística y probabilidad* en segundo año de educación secundaria es incorporado para implementar el uso de modelos en el razonamiento en situaciones de incertidumbre. Este se propone desarrollar conceptos y técnicas propias de la estadística y la teoría de probabilidades que permitan realizar inferencias a partir de información de naturaleza estadística y distinguir entre los fenómenos aleatorios y deterministas (Mineduc, 2009).

La estadística debe ser incorporada en contextos específicos en función de los aprendizajes y diversidad de estudiantes. Debe emerger un desarrollo de aspectos esenciales asociados a la variabilidad, el muestreo, replicabilidad, tamaño muestral, etc., de manera que surja la necesidad utilitaria que debe tener el análisis de datos al servicio de diversos fenómenos. Esta disciplina no debe verse como un conjunto acabado de técnicas y cálculos estadísticos que den información aislada de la población, se debe considerar que la extracción de datos tiene un contexto natural y legitimado (Garfield y Ben-Zvi, 2008; Gil y Ben-Zvi, 2011).

A fin de cuentas, se debe proporcionar una comprensión simple de los fenómenos sociales y culturales, proporcionando aspectos esenciales para cultura estadística, la cual facilite dos componente interrelacionados: 1) capacidad para interpretar

y evaluar críticamente la información estadística, los argumentos apoyados en datos o los fenómenos estocásticos que las personas pueden encontrar en diversos contextos, incluyendo los medios de comunicación, pero no limitándose a ellos; y 2) capacidad para discutir y comunicar sus opiniones respecto a tales informaciones cuando sea relevante (Gal, 2002, pp. 2-3).

De los aspectos que ofrece la cultura estadística en la sociedad actual para su comprensión, el uso de tecnología digital toma un sitio privilegiado, así como el papel de la evaluación y la investigación va en creciente aumento con el fin de contribuir y mejorar la educación en estadística. Se parte de la reflexión y los aportes que tanto estadísticos y educadores pueden brindarse mutuamente (Batanero, 2000). Del mismo modo, el creciente interés por la enseñanza de la estadística y sus diversos enfoques, tanto formales como informales, plantea la necesidad de formar a ciudadanos capaces para comprender las ideas y conceptos elementales que son la base de la estadística.

La estadística en el currículo escolar

El conocimiento que se pone en juego y la formación de estudiantes en temas relacionados con estadística, por una parte, debe ser profundo y, por otro lado, ajustado a la relación sobre los

significados que se le deben atribuir. Se debe considerar en la enseñanza procesos intuitivos de los estudiantes, que en progresión deben ser formalizados en ideas más abstractas e interconectadas, lo que permitiría adquirir una comprensión global de los fenómenos en estudio.

La estructura del sistema escolar chileno considera tres niveles educativos, estos son:

- Nivel preescolar.
- Nivel primario (o nivel básico). Este comprende dos ciclos de enseñanza: 1) primer ciclo, que cubre desde 1° a 4° y 2) segundo ciclo, que comprende de 5° a 8° de enseñanza primaria.
- Nivel secundario (o nivel medio). Este comprende dos ciclos específicos: 1) el primero que incluye los primeros dos grados de enseñanza secundaria obligatoria (plan común) y, 2) el segundo ciclo, que incluye el 3° y 4° de enseñanza secundaria. Este último ciclo permite escoger por cursos optativos, dependiendo de la orientación de cada estudiante. Estas orientaciones, por lo general son humanista y científica.

El eje temático de estadística y probabilidad es incluido desde el nivel preescolar, transitando hasta 4to grado de educación secundaria. Los contenidos que propone la base curricular de matemáticas

Figura 1. Interfaz de explicación. Histograma con los votos del vecindario.

Curso	Objetivos
2 ^{do} grado de educación secundaria	<ul style="list-style-type: none"> – Mostrar que comprenden las variables aleatorias finitas: definiendo la variable, determinando los posibles valores de la incógnita, calculando su probabilidad y graficando sus distribuciones. – Utilizar permutaciones y la combinatoria sencilla para calcular probabilidades de eventos y resolver problemas. – Mostrar que comprenden el rol de la probabilidad en la sociedad: revisando informaciones de los medios de comunicación, identificando suposiciones basadas en probabilidades, explicando cómo una probabilidad puede sustentar suposiciones opuestas, explicando decisiones basadas en situaciones subjetivas o en probabilidades.

Fuente: Mineduc (2013, p. 138).

buscan desarrollar en todos los estudiantes capacidad para registrar, clasificar y leer información dispuesta en tablas y gráficos, y que se inicien en temas relacionados con la probabilidad. En la tabla 1 se muestran los objetivos de aprendizaje para 2do grado de educación secundaria.

Curricularmente, a nivel nacional, se han introducido desde los niveles iniciales de escolaridad elementos que incluyen el tratamiento de actividades para comprender fenómenos aleatorios, brindando al estudiante situaciones para que experimenten, analicen y discutan información en estos contextos (Estrella, 2008).

Importancia de analizar los libros de texto

En la actualidad existe diversidad de recursos de aprendizaje en educación escolar, que van desde los tradicionales cuadernos y lápices hasta una variedad de recursos provenientes de las tecnologías digitales (softwares educativos, applet en internet, tablets, simuladores estadísticos, entre otros), los cuales son utilizados como mediadores en la comprensión de los diversos fenómenos de estudio. Finalmente, como recurso casi irremplazable del sistema escolar, destaca el libro de texto, el cual es usado como recurso tanto para planificar lecciones de clases por profesores y como guía de apoyo para los estudiantes.

Siendo este el recurso más utilizado, es importante saber si estos: ¿toman en consideración aquellos temas relevantes que deben aprender los estudiantes en cada nivel educativo?, ¿responden a las necesidades y demandas de los variados contextos socioculturales?, ¿el orden que predomina en la organización del libro de texto es idónea para que los estudiantes construyan su propio conocimiento?, ¿proponen actividades que ayuden a profundizar en los contenidos estudiados? (Fernández, Caballero y Fernández, 2013)

De este modo, es lógico destacar la importancia que tiene el libro de texto de matemáticas para el desarrollo de los aprendizajes; merece que tanto el educador como los estudiantes tengan un

material educativo que pueda ser utilizado de manera eficaz, dentro y fuera del aula de clase, para lo cual se requiere una permanente evaluación por parte de los docentes y entes autorizados (Ferreira y Mayorga, 2010).

Como forma de dar sustento a la importancia que tiene el libro de texto escolar, Icaza (2008) menciona que se potencien las capacidades reflexivas de los alumnos, no solo debe presentar situaciones de aplicabilidad inmediata, sino que debe proponer situaciones en que la solución implica interpretar, modelar y finalmente escoger debidamente las herramientas matemáticas adecuadas.

En esta misma línea, un buen libro de texto escolar ofrecerá oportunidades a los estudiantes de resolver problemas que requieran seleccionar la información relevante, ensayar diversas estrategias para resolverlos y de hacerse preguntas acerca de la solución obtenida (Giaconi y Varas, 2010).

Metodología

El presente trabajo centra su interés en analizar los tipos de problemas presentes en dos libros de texto del estudiante de 2° de enseñanza secundaria en los años 2009 y 2011.

Se consideraron estos dos como casos de análisis por ser distribuidos antes y después de la implementación de los ajustes curriculares. Se seleccionaron, por una parte, considerando que responden a periodos de ajustes curriculares distintos. Estos libros de texto son aquellos de mayor distribución, pues se usan en instituciones educativas de carácter público y además en aquellos de carácter particular subvencionado (es decir, que reciben recursos del Estado y por parte privada) y que cumplieran con las propuestas curriculares del Ministerio de Educación vigentes para el ambos años (2009 y 2011). Además, otro criterio de selección es que ambos libros de texto siguieron las normativas vigentes de la base curricular de matemáticas en este nivel.

La base curricular de matemáticas (Mineduc, 2013) acentúa el desarrollo de la resolución de problemas como elemento articulador para

desarrollar el pensamiento matemático. Además, la base curricular de matemáticas (Mineduc, 2013, p. 107), plantea que se deben desarrollar cuatro habilidades: 1) la resolución de problemas, 2) argumentación y comunicación, 3) modelación y, 4) representación, las que son transversales a todos los ejes temáticos del programa de estudio de matemáticas y permiten desarrollar el pensamiento matemático.

Los textos son distribuidos por el Mineduc de forma gratuita y fueron aprobados por medio de un proceso de licitación, cumpliendo con la *exigencia* y propuesta curricular que son reflejo de los planes de estudio y los objetivos que estos persiguen para el aprendizaje de los estudiantes.

Los dos textos seleccionados fueron:

- **Texto A:** Cid, E. (2009). *Matemática 2º Medio. Texto para el estudiante*, 3^{era} ed. Santiago: Cal y Canto Eds.
- **Texto B:** Zañartu, M., Darrigrandi, F. y Ramos, M. (2011). *Matemática 2º Educación Media. Texto del estudiante*, 4^{ta} ed. Santiago: Santillana del Pacífico S.A.

Diseño y enfoque y muestra

La presente investigación tiene un enfoque cualitativo. En palabras de Sandín, este tipo de investigación “es una actividad sistemática orientada a la

comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y también hacia el descubrimiento y desarrollo de un cuerpo organizado de conocimiento” (2003, p.276). El método de investigación es el análisis de contenido, ya que es una forma viable para el análisis de documentos como los libros de texto (López, 2002).

El nivel del estudio es descriptivo, pues se busca la precisión de lo que se pretende observar (Ferrater, 1993) y se realiza un muestreo no probabilístico intencional (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

Por medio de este enfoque, se analiza y describen los tipos de problemas presentes en relación con el eje temático de estadística y probabilidad en el libro de texto de Matemática de 2do grado de educación secundaria.

Unidad de análisis del libro de texto

El presente artículo muestra los resultados finales de investigación al haber comparados los dos libros de texto. Para el análisis se realiza una revisión global del libro de texto, en relación con tipos de problemas y características de los mismos en la unidad de estadística y probabilidad. El análisis se realiza por medio de las características definidas de las categorías teóricas elaboradas por Díaz y Poblete (2001) (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de los problemas según su estructura.

Tipos de problemas				
Según naturaleza				
No rutinarios		Rutinarios		
		Según contexto		
El alumno no conoce una respuesta ni un procedimiento previamente establecido o rutina para encontrarla.	Real: se produce efectivamente en la realidad y compromete al alumno actuar.	Realista: es susceptible de producirse realmente. Se trata de una simulación de la realidad o una parte de ella.	Fantasma: es fruto de la imaginación y está sin fundamento en la realidad.	Matemáticos: exclusivamente a objetos matemáticos (números, relaciones y operaciones aritméticas, figuras geométricas, etc.).

Fuente: Díaz y Poblete (2001).

Resultados

Los resultados se dividen en dos secciones distintas, así se hace visible la distinción y claridad de los resultados mostrados (en Chile los libros de texto se dividen en unidades de aprendizaje) en ambos libros de texto. En primer lugar, se esbozan los resultados que dan cuenta de *la estructura del texto* para ambos periodos curriculares y, por otro lado, los resultados sobre el análisis de los problemas que proponen los libros de texto en la unidad de aprendizaje probabilidad y estadística.

Análisis global de la estructura de los libros de texto en la unidad de estadística y probabilidad

El libro de Cid (2009) es licitado antes de la implementación de los ajustes curriculares. Este texto solo incluía temas relacionados con el tópico de probabilidades; estos estaban centrados en el cálculo de probabilidad desde un punto de vista clásico (equiprobabilidad). En este periodo académico aún no se consideraba el tópico de estadística descriptiva en los programas de estudio. Estos tópicos se impartían en tercer y cuarto año de enseñanza secundaria.

Con relación al libro de Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011), este se licitó e implementó con los ajustes curriculares posteriores al año 2009.

Este libro de texto incluye en la unidad de estadística y probabilidades temas como: cálculo de probabilidades desde un punto de vista clásico y algunos casos de eventos compuestos, estadística descriptiva (construcción de gráficos, tablas de frecuencia) y medidas de variabilidad y tendencia central.

Los problemas que se consideraron en este libro de texto (Zañartu, Darrigrandi y Ramos, 2011) fueron aquellos que se proponían a los estudiantes para su resolución, es decir, trabajos grupales y estrategias para presentar y exponer propuestas a soluciones de problemas y discusión.

Con base en lo anterior, los resultados se analizan con respecto a cada unidad (estadística y probabilidad), en general y a cada tópico en caso particular en ambos libros de texto.

Con respecto a la unidad estadística y probabilidad

Texto A:

Cid, E. (2009). Matemática 2º Medio. Texto para el estudiante, (3 ed.), Santiago: Cal y Canto, Eds.

El total de problemas que propone el libro de texto A son 106. De estos, hay problemas de profundización, de ejercitación, de selección múltiple y de análisis y la mayoría son de tipo rutinarios (figura 1).

De estos 106 problemas que presenta el libro de texto, ocho son de naturaleza no rutinaria (7,54 %) (figura 2).

De los problemas de naturaleza rutinaria, tres son de contexto real (2,83%) (figura 2), 74 son de contexto realista (69,8%) y 21 son de contexto matemáticos puros (19,8%). Esto evidencia que la mayoría de los problemas que se presentan en el texto son de situaciones que requieren alguna operacionalización matemática asociada a algún contexto "amigable" o conocido por los estudiantes. Problemas de contexto fantasista no se encuentran presentes en el texto (figura 4).

Supón que existen dos conjuntos de datos con el mismo rango y media, pero uno tiene mayor varianza que el otro.

- Representa estos datos en un gráfico.
- ¿Cómo serían?, ¿qué diferencias debieran observarse?

Figura 1. Ejemplo de problema de naturaleza no rutinaria.

Fuente: Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011, p. 227).

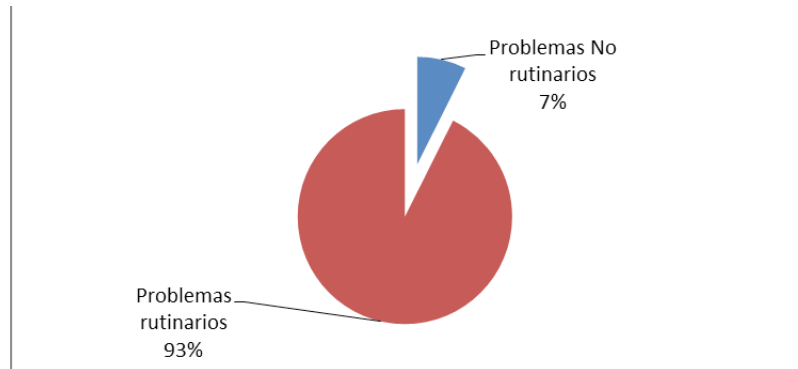


Figura 2. Proporción de problemas propuestos en el libro de texto A.

Fuente: Cid (2009).

Junto con un compañero o compañera realicen el siguiente ejercicio:

- Realicen una encuesta a todos sus compañeros y compañeras de curso para reunir la información de sus pesos. Con esta información, calculen el peso promedio de su curso.
- En papeles independientes y del mismo tamaño, anoten cada uno de los pesos obtenidos.
- Pongan los papeles en una bolsa y seleccionen 10 de ellos al azar. Calculen el promedio y compárenlo con el peso promedio del curso completo. ¿Qué pueden concluir?
- Repitan lo anterior, pero escojan ahora 20 papeles, y luego 30. ¿Qué ocurre con el peso promedio a medida que sacan más papeles? Comparen sus resultados con los de otros compañeros y compañeras.

Figura 3. Ejemplo de problema de naturaleza rutinaria de contexto real.

Fuente: Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011, p. 229).

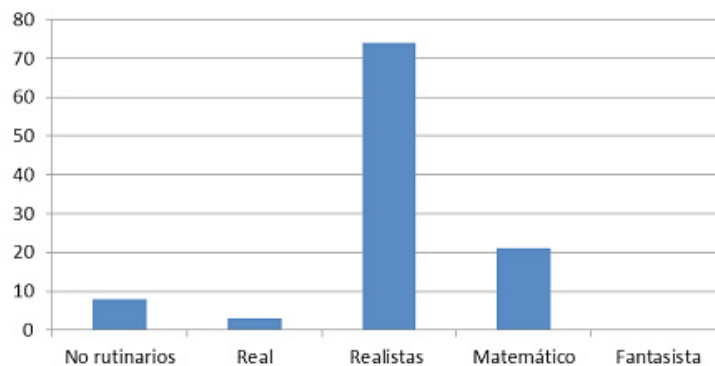


Figura 4. Clasificación de problemas según naturaleza y contexto para la unidad de aprendizaje de estadística y probabilidad.

Fuente: Elaboración propia

Texto B

El total de problemas que se proponen en este libro de texto es de 173, de los cuales 65 (37.6%) corresponde al tópico de *tratamiento de la información* (estadística, gráficos, medidas de variabilidad y tendencia central y posición). Los restantes 108 problemas (62.4%), corresponden a temas relacionados con probabilidades (nociones de conjunto, técnicas de conteo y probabilidades).

La unidad de aprendizaje de estadística y probabilidad presenta seis (9.2%) problemas de naturaleza no rutinaria, cuatro problemas de contexto real, 28 (43.1%) problemas de contexto realista y 27 (41.5%) (figura 5) problemas de contexto puramente matemático. No se presentan problemas de contexto fantasista.

En relación con el tema de cálculo de probabilidades y el total de problemas en este tópico (108), se presentan 10 problemas (9,3%) de naturaleza no rutinaria, 71 problemas (65,7%) de contexto

realista y 26 problemas (24,1%) de contexto puramente matemático (figura 6), los problemas de contexto real no aparecen y se propone solo un problema fantasista (0,9%).

Al considerar la unidad de aprendizaje de estadística y probabilidad en su forma general, con relación a la totalidad de problemas que se presentan (173), se tiene que 16 (9,2%) son de naturaleza no rutinaria y cuatro (2,3%) son de contexto real, 99 (57,2%) son de contexto realista, 53 (30,6%) de contexto matemático puro y se presenta solo un (0,6%) problema de tipo fantasista (figura 7).

La figura 7 entrega una visión comparada de la cantidad de problemas en cada tópico (análisis de información y probabilidades) con respecto al total presentado en la unidad en el libro de texto B. Se aprecia que los problemas que más aparecen en este libro de texto son los realistas en ambos tópicos. Los que menos se proponen son problemas de tipo real y, en menor cuantía, los no rutinarios y fantasistas (figura 8).

Se encuestaron a 200 adultos y se clasificaron por sexo y nivel de educación:

Educación	Hombre	Mujer
Básica	38	45
Media	28	50
Universitaria	22	17

Se elige una persona al azar de este grupo. Calcula la probabilidad de que:

- sea hombre y tenga educación básica.
- sea mujer y tenga educación universitaria.
- sea mujer.
- tenga educación media.

Figura 5. Ejemplo de problema de naturaleza rutinaria de contexto realista.

Fuente: Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011, p. 246).

Sean $A = \{1, 3, 5\}$, $B = \{2, 3, 4, 5\}$, $C = \{2, 4, 6\}$, $U = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Se pide obtener los siguientes conjuntos:

- a. $A \cup B$ b. $A \cap B$ c. A^c d. B^c e. $(A \cup B)^c$ f. $A^c \cap B^c$

Figura 6. Ejemplo de problema de naturaleza rutinaria de contexto puramente matemático.

Fuente: Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011, p. 234).

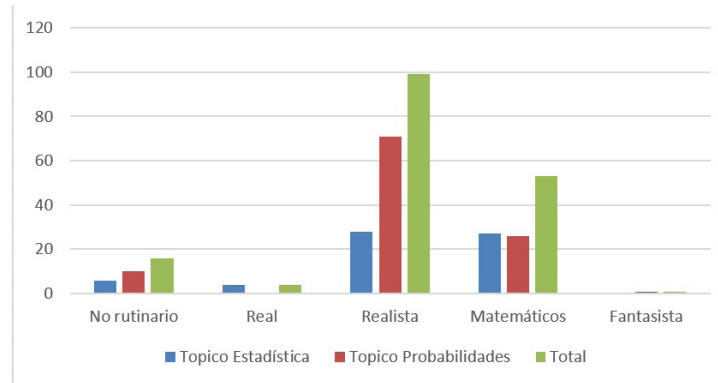


Figura 7. Clasificación de problemas según naturaleza y contexto para el tópic de estadística, probabilidades y en relación con el total.

Fuente: Elaboración propia.

En Ciudad Gótica se publican tres diarios: *A*, *B* y *C*. Los estudiantes de Ciudad Gótica dan la siguiente probabilidad de leer dichos diarios:

$$P(A) = 0,15 \quad P(B) = 0,2 \quad P(C) = 0,22 \quad P(A \cap B) = 0,02$$

$$P(A \cap C) = 0,08 \quad P(B \cap C) = 0,1 \quad P(A \cap B \cap C) = 0,003$$

Calcula la probabilidad de que un estudiante de Ciudad Gótica:

- no lea ningún diario.
- lea al menos un diario.
- lea solo los diarios *A* y *C*.

Figura 8. Ejemplo de problema de naturaleza rutinaria de contexto fantasista.

Fuente: Zañartu, Darrigrandi y Ramos (2011, p. 248).

Los problemas realistas, en general, son aquellos que aparecen con mayor reiteración en pruebas como Simce, (Sistema de medición de la calidad educativa) en el contexto nacional y, en internacionales como Pisa (Programme for International Student Assessment) o TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study).

Ambos libros de texto siguen líneas de acción como las anteriores, con el fin que los estudiantes logren, por una parte, desarrollar habilidades para la resolución de problemas y, por otra, aunque se presenta en una menor cantidad de casos, la capacidad para poder plantear problemas en

diversos contextos. Se hace necesario propender a propuestas en libros de texto de problemas que converjan en la construcción de situaciones reales y procesos, donde haya espacios de interacción, discusión, planteamiento de soluciones y validez de las mismas en los contextos de la resolución de problemas. La idea es lograr potenciar y hacer tangible un empoderamiento del saber estadístico.

Conclusiones

Con base en los resultados encontrados al llevar a cabo el análisis de los libros de texto, quedan de

manifiesto algunos aspectos que pueden ser mejorados en futuras elaboraciones de texto de Matemática. Tomando en consideración que lo que se pretende es una construcción participativa de estudiantes, para transitar desde del conocimiento a un estatus de saber. Este saber debe permitir a los estudiantes tomar el conocimiento adquirido y que tenga una utilidad, es decir, una función. Este es el sentido al que debe propender un recurso tan usado como el libro de texto.

Queda de manifiesto que hay una excesiva propuesta de problemas de contexto matemático, por encima de aquellos problemas orientados a la resolución de problemas y, más aún, en problemas de tipo no rutinarios. Esto considerando que el texto utilizado en el año 2011 (con ajuste curricular en los programas de estudio) aumenta la cantidad de problemas de este tipo con respecto al texto utilizado en el año 2009.

No se aprecia gran variedad de situaciones y contextos necesarios para desarrollar tareas matemáticas implícitas en su ejecución. Esto debido a que la cantidad de problemas que se proponen para desarrollar competencias matemáticas de análisis (argumentar, representar, resolver problemas y modelar) son escasos. La mayoría de estos son problemas de tipo real. No se evidencian problemas de naturaleza no rutinaria, que son aquellos que permitirían a los estudiantes desarrollar de forma sistemática y analítica una alfabetización matemática (Rico, 2006).

La unidad de aprendizaje de estadística y probabilidad analizada del libro texto usado en el año 2011 (que es aquel que siguió los nuevos ajustes curriculares debido a los desfases en comparación a estándares internacionales como NCTM, 2000) no muestra mayor incorporación de problemas de contexto real comparado con el libro de texto usado en el año 2009. En lo que respecta a problemas de contexto realista, el texto A incorpora considerablemente más ejercicios de este tipo realista, en comparación al texto B, lo que muestra una contradicción en relación con las nuevas competencias a desarrollar. De la

misma forma, hay un incremento de los problemas de contexto matemático en el texto usado en el año 2009 en contraste a los incluidos en el texto usado en el año 2011.

Finalmente, la investigación en el área de análisis de libros texto pretende ser un aporte para posteriores planeaciones, diseños y elaboraciones de los mismos, pero desde enfoques innovadores como lo es el de resolución de problemas matemáticos. Para ello es necesario que se consideren los resultados de investigación que provienen de las matemáticas y, en particular, del campo de la didáctica de la estadística y la probabilidad. Con esto se pretende apoyar a profesores y estudiantes con recursos idóneos y actualizados a la sociedad para orientar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Por otro lado, se recomienda que el libro de texto de matemática del estudiante, en sus futuras licitaciones, incorpore alguna(s) sección(es) dentro de cada uno de los tópicos en la unidad de Estadística y Probabilidad como actividades de indagación y exploración estadística, utilizando conocimientos previos en el proceso de aprendizaje. La construcción de conocimiento estadístico fortalecería la idea de un trabajo de manera formal como es el caso de probabilidades teóricas, siendo los casos más desarrollados el lanzamiento de una moneda (o dos), el lanzamiento de dados o juegos de naipes. Justamente, estas actividades son las que brindan espacios de experimentación, análisis, discusión y no uso de excesiva formalización y matematización de la estadística en la enseñanza a nivel escolar.

Referencias

- Batanero, C. (2000). Significado y comprensión de las medidas de tendencia central. *Uno*, 25, 41-58.
- Batanero, C., Contreras, J. y Arteaga, P. (2011). El currículo de estadística en la enseñanza obligatoria. *EM-TEIA Revista de Educação Matemática e Tecnológica Iberoamericana*, 2(2).

- Ceballos, J. y Blanco, L. (2008). Análisis de los problemas de los libros de texto de Matemáticas para alumnos de 12 a 14 años de edad de España y de Chile en relación con los contenidos de proporcionalidad. *Publicaciones*, 38, 63-88.
- Cid, E. (2009). *Matemática 2º Medio. Texto para el estudiante*, 3ª ed. Santiago: Cal y Canto Eds.
- Del Valle, M. (1997). Requerimientos de cambios en la formación de profesores de matemática en Chile. En R. Olfo y H. González (eds.), *Alternativas para la formación de profesores de matemática* (pp. 116-126). La Serena, Chile: Edición conjunta de la Sociedad Chilena de Educación Matemática y el Departamento de Matemática de la Universidad de la Serena.
- Díaz-Levicoy, D. y Roa, R. (2014). Análisis de actividades sobre probabilidad en libros de texto para un curso de básica chilena. *Revista chilena de educación científica*, 13(1), 9-19.
- Díaz, V. y Poblete, A. (2001). Contextualizando tipos de problemas matemáticos en el aula. *Números. Revista de didáctica de las matemáticas*, 45, 33-41.
- Escolano, A. (2009). El manual escolar y la cultura profesional de los docentes. *Tendencias pedagógicas*, 14, 169-180.
- Estrella, S. (2008). Medidas de tendencia central en la enseñanza básica en Chile. Análisis de un texto de séptimo básico. *Rechiem. Revista chilena de educación matemática*, 4(1), 20-32.
- Fernández, P., Caballero, P. y Fernández, J. (2013). ¿Yerra el niño o yerra el libro de matemáticas? *Números*, 83, 131-148.
- Fernández, E. y Mejía, M. (2010). Análisis de textos escolares para el diseño de situaciones de enseñanza. En G. García (ed.), *Memoria 11º encuentro colombiano de matemática educativa* (pp. 61-68). Bogotá: Asociación Colombiana de Matemática Educativa.
- Ferrater, J. (1993). *Diccionario de filosofía abreviado*. Argentina: Editorial Sudamericana.
- Ferreira, M. y Mayorga, L. (2010). Propuesta para la evaluación de los libros de texto de matemática de todos los niveles educativos. *Revista ciencias de la educación*, 20(35). Valencia.
- Franklin, C. et al. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report: A pre K-12 curriculum framework*. Alexandria, VA: American Statistical Association.
- Gal, I. (2002). Adult's statistical literacy. Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- Garfield, J. y Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching*. Nueva York: Springer.
- Giaconi, V. y Varas, L. (9 de octubre de 2010). Estudio reveló que los textos de matemáticas no enseñan a los escolares a razonar. *La Nación*, p. 24.
- Gil, E. y Ben-Zvi, D. (2011). Explanations and context in the emergence of students' informal inferential reasoning. *Mathematical Thinking and Learning*, 13(1-2), 87-108.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. México D. F.: McGraw Hill.
- Icaza, L. (15 de noviembre de 2008). ¿En qué medida los textos escolares de matemática ayudan a que las personas sean más reflexivas en la vida cotidiana? Recuperado de: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=206547>
- Krulik, S. y Rudnik, K. (1980). *Problem solving in school mathematics*. Year Book. Reston, VA: NCTM.
- López, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *Revista de Educación*, 4, 167-179.
- Ministerio de Educación de Chile (Mineduc). (1999). *Objetivos fundamentales y contenidos mínimos obligatorios de la educación básica*. Decreto 240. Santiago de Chile: Mineduc.
- Mineduc. (2009). *Fundamentación del ajuste a los marcos curriculares vigentes de educación básica y media*. Santiago de Chile: Mineduc.
- Mineduc. (2012). *Bases curriculares 2012. Matemática, Educación Básica*. Santiago de Chile:

- Mineduc. Recuperado de: http://ww2.educarchile.cl/UserFiles/P0001/File/curriculum_al_dia/bases_matematica_2012.pdf
- Mineduc. (2013). *Bases curriculares, 7° básico 2° Medio*. Santiago de Chile: Mineduc, Unidad de Curriculum y Evaluación.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Pólya, G. (1962). *Mathematical discovery. On Understanding, Learning and Teaching Problem Solving*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Rico, L. (2006). Marco teórico de evaluación en Pisa sobre matemáticas y resolución de problemas. *Revista de educación*, número extraordinario, 275-294.
- Sánchez, N. (2012). Análisis del texto de Educación Matemática entregado por el Mineduc utilizado en segundo año de enseñanza secundaria en el periodo 2007-2011. Tesis de máster no publicada, Departamento de Matemática y Estadística, Universidad de la Frontera, Temuco, Chile.
- Sandín, M. P. (2003). *Investigación cualitativa en educación. fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Schrock, C. (2000). Problem Solving-What Is It? *Journal of School Improvement*, 1(2), Fal./ Winter.
- Schoenfeld, A. (1992). Learning to think mathematically: Problem Solving, Metacognition, and sense making in Mathematics. En D.A. Grouws (ed.), *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*. Reston, VA: NCTM.
- Vidal, R. (2010). El libro de texto de matemáticas en Chile en el último siglo 1910–2010. *Cuadernos de educación* N° 27, Facultad de Educación, Universidad Alberto Hurtado. Recuperado de: http://mailing.uahurtado.cl/cuaderno_educacion_27/pdf/articulo_adjunto_27.pdf
- Zañartu, M., Darrigrandi, F. y Ramos, M. (2007). *Texto para el estudiante Matemática 2° Educación Media* (1ª edición). Santiago de Chile: Santillana del Pacífico S.A. de Ediciones.





Concepciones de tecnología en docentes universitarios de ciencias

Conceptions of Technology in University Teachers of Sciences

Concepções de tecnologia em estudantes universitários educacionais de ciências

Néstor Cardoso-Erlam¹

Edna Eliana Morales-Oliveros²

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Cardoso-Erlam, N., y Morales-Oliveros, E.E. (2017). Concepciones de tecnología en docentes universitarios de ciencias. *Revista Científica*, 30 (3), 195-206. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12277>

Resumen

A continuación, se presenta un resultado parcial de la investigación "Concepciones de ciencia, tecnología y las relaciones CTS en profesores universitarios y de formación media, y en textos escolares de ciencias". Enseguida se aborda la pregunta relacionada con las concepciones que sobre la naturaleza de la tecnología expresan los profesores universitarios de la Facultad de Ciencias de la Universidad del Tolima. La información se recogió mediante entrevista focal y el análisis de la información se realizó mediante análisis de contenido. Se encuentra que los profesores expresan diversas concepciones sobre la naturaleza de la tecnología, algunas más desactualizadas que otras. Solo un docente expresa una visión adecuada y actualizada.

Palabras clave: enseñanza científica superior, enseñanza de las ciencias, epistemología de la tecnología, naturaleza de la tecnología, profesores universitarios.

Abstract

Next, it's a partial result of the research investigation "Conceptions of sciences, technology and CTS relations with training academic, secondary teachers and sciences textbooks." Then the question about teachers' conceptions of the nature of technology is that teachers of the University of Tolima expressed is discussed. Information was collected through interviews and focus information analysis was performed using content analysis. It's found that teachers have different conceptions about the nature of technology some more outdated than others.

Keywords: Epistemology of science, science education. higher science education.

Resumo

Abaixo apresenta um resultado parcial de "concepções de ciência, tecnologia e pesquisa as relações CTS em acadêmicos e treinamento de mídia e em livros didáticos de ciência". Em seguida, aborda a

1. Universidad del Tolima. Ibagué-Tolima. Contacto: nrcardoz@ut.edu.co

2. Universidad del Tolima. Ibagué-Tolima. Contacto: eemoraleso@ut.edu.co

questão das concepções sobre a natureza dos professores da Universidade expressas a tecnologia da faculdade de Ciências da Universidade de Tolima. A informação foi recolhida através de entrevista focal e análise de informações foi realizada através da análise de conteúdo. É que os professores expressaram diferentes concepções sobre a natureza da tecnologia, mais desatualizada do que outros. Um professor que expressa uma visão actualizada.

Palavras-chaves: epistemologia da tecnologia, enseñanza de las ciencias, ensino superior científico.

Introducción

Comprendiendo la naturaleza de la tecnología

No existe consenso sobre el período de constitución de la tecnología como campo disciplinar, no obstante, podríamos ubicarla en el transcurso del siglo XIX con el desarrollo del capitalismo y la era industrial y hasta el final de la segunda guerra mundial. En el siglo XIX se dio la transformación de las labores artesanales o técnicas manuales hacia el uso de las herramientas y de aparatos-herramientas para facilitar la producción en masa y el comercio propio del nuevo sistema de producción. Esta forma de intercambio de bienes, especialmente de la industria textil y de la agricultura, exigió la investigación, el diseño y producción ya no de herramientas sino de equipos y sistemas sofisticados que requirieron de grandes plantas o fábricas. Los estudios de eficiencia de dichos equipos implementaron comparaciones de resistencia, duración, disponibilidad y costo de materiales eléctricos y electrónicos. La técnica, entonces, dio un paso importante hacia la tecnología por cuanto que, además de la determinación de la eficiencia, se hizo importante producir discurso específico, diseños e innovación que da inicio a la reflexión sobre las implicaciones sociales, éticas y ambientales.

El siglo XX fue el principal testigo del avance de la industria textil, farmacéutica y del transporte. La farmacéutica de botica y de los emplastos

caseros se transformó en gran industria de la salud proveniente de los laboratorios. Para ello, la química aportaba sus investigaciones en función del control del dolor y la enfermedad. La industria floreciente del confort puso al alcance nuevos aparatos electrodomésticos para preservar y procesar alimentos; la agroindustria aportó valor agregado mediante el procesamiento de todo tipo de productos agrícolas para su comercialización. En esta implementación de lo moderno la mujer se distanció de las actividades de hogar, redujo las jornadas domésticas pasando a constituirse en obrera, oficinista y profesional. El nuevo vivir se relacionó con la posibilidad de escuchar la voz a distancia mediante la radio, el teléfono y la televisión, con lo cual las telecomunicaciones inician su carrera espléndida de desarrollo. Así mismo, el transporte redujo sustancialmente los tiempos de desplazamiento gracias a la ingeniería civil. De esta manera, los grandes aportes de la técnica en la vida cotidiana hacen “ver la ciencia como una máquina de solucionar problemas tecnológicos (Zimman, 1980).

La ingeniería de petróleo explora, explota y aporta a la producción de todo tipo de subproductos que supuestamente facilitan la vida. Entre tanto, la Guerra fría hizo también su trabajo investigativo y tecnológico; el poder se sofisticó para dominar la aeronáutica y la investigación química se implementó para superar la guerra cuerpo a cuerpo. La barbarie se masificó.

En más recientes años, la eugenesia irrumpe con sus modelos y experiencias, pero la bioética alerta de su posible mal uso. Entretanto, la nanotecnología se anuncia como la segunda gran revolución industrial para el siglo XXI, dado su campo de desarrollo que permitirá el ahorro significativo de energía y la reducción de peso y tamaño de los aparatos electrónicos. Así, las ingenierías, el diseño industrial y la salud serán las grandes transformadas. Actualmente, los microchips, la nanotecnología, la ingeniería genética y la física cuántica son expresiones que cada vez aportan desde lo no visible por el ojo humano al conocimiento de la

realidad para la reducción del sufrimiento y al incremento del bienestar social.

Así, a partir del siglo XX el concepto de técnica transmutó en tecnología en la medida que sus procesos requirieron de mayor número de transformaciones, de mayor personal especializado, así como el ingreso de los aparatos a la vida familiar con la consecuente masificación. Estas transformaciones generaron confusión en cuanto a su definición, pues la expresión tecnología quedó asociada con los artefactos, la electrónica y la ciencia, por lo cual surgió la reflexión académica (Cupani, A. 2006).

Ahora se reconoce que técnica y tecnología son expresiones que aluden a aspectos apenas similares; mientras la técnica produce aparatos o herramientas, requiere de representaciones y la transformación de materiales para facilitar el trabajo en función de la eficacia, la tecnología alude al saber sobre lo técnico, esto es, que conlleva un discurso, una epistemología.

La tecnología como saber produce conocimiento sobre los factores representacionales y valorativos, esto es, analiza la esencia en cuanto a materiales, sus relaciones y posibles beneficios en función de la cultura. Por tanto, se acepta como campo objeto de investigación, líneas y problemas. Llegar allí obliga la acción de la epistemología y la axiología mediante preguntas sobre el qué, el para qué y el cómo que permitan superar la producción de saber técnico sin sentido y descontextualizado de la sociedad.

Para intentar su entendimiento, así inició el vencimiento de su demonización, esto es, que se fundó como un proceso de discusión ideológica y ética. Precisamente, de las concepciones epistemológicas que posean los profesores sobre tecnología se deriva en alto grado la actitud de los estudiantes hacia los estudios de tecnociencia.

Aunque la distinción entre ciencia y tecnología es difusa y vaga (Zimman, 1980), se entiende por tecnología una unidad junto con la ciencia y la ingeniería, que conforman una síntesis

dialéctica pero que se diferencian y complementan. Según la Academia Norteamericana de Tecnología (2010):

La tecnología es un producto de la ingeniería y de la ciencia como parte de estudio del mundo natural. La ciencia tiene dos partes: un cuerpo de conocimientos que ha acumulado con el tiempo y un proceso de conocimiento-investigación científica-que genera sobre el mundo natural. La Ingeniería, también consta de un cuerpo de conocimientos-en este caso de los conocimientos en el diseño y creación de productos hechos por el hombre-y un proceso para resolver problemas. Mientras la ciencia tiene como objetivo entender el “por qué” y “cómo” de la naturaleza, la ingeniería busca dar forma al mundo natural para satisfacer las necesidades y deseos humanos. La ingeniería, por lo tanto, podría ser llamada “diseño bajo presión” por las leyes de la naturaleza como una serie de factores limitantes y que los ingenieros deben tener en cuenta. Otras restricciones incluyen el costo, la confiabilidad, seguridad, impacto ambiental, la facilidad de uso, los recursos humanos materiales, la fabricación, las regulaciones gubernamentales, e incluso los asuntos políticos. En resumen, la tecnología pasa necesariamente por la ciencia y la ingeniería.

Por la complejidad señalada resulta importante determinar algunos componentes que permitan configurar la naturaleza de la técnica, las implicaciones y relaciones con la sociedad, caracterización que se realiza a partir de los aportes que sobre la ciencia hace Adúriz-Bravo (2001) y que, ahora adaptados, permiten proponer una aproximación a su naturaleza. Estas acciones estructurantes son: la tecnología como acción discursiva, la tecnología como acción social cultural, la tecnología como acción utilitaria y la tecnología como acción sujeta a cuestionamiento. Se denominan acciones por cuanto que, como lo planteara Aristóteles, hacen parte de los procesos de perfección humana (Cáceres, 2000).

La tecnología como acción discursiva y la técnica como acción práctica

La técnica se reconoce como pericia, habilidad, procedimientos y recursos. Es decir, se asume como artificio para transformar algo relativo al medio para alcanzar una meta o para reducir el tiempo que se requeriría para su logro. Es la eficiencia en el uso de objetos o de pasos para superar circunstancias difíciles o con alto gasto energético. Así, la historia de la sociedad humana, desde el *Homo sapiens*, ha recurrido a la técnica para adaptar el medio a través del simbolismo y la representación al punto que existen un sinnúmero de acciones técnicas que están incorporadas a la vida y que no requerimos razonarlas o cuestionarlas para aceptarlas como válidas o al menos útiles; son parte de los aprendizajes para adaptarnos y vivir en sociedad con cierto grado de solvencia.

Como señala Agassi (1997), el término técnica en inglés es casi inusual, en cambio en español es más corriente al punto que podría distinguirse de tecnología para señalarla como asunto en la cual lo mecánico es primordial. Esto es que es repetitivo en su esencia. Lo técnico, al menos sustancialmente, no ha requerido de modelos matemáticos o fórmulas previas; es el resultado, especialmente, de ensayo y error, del perfeccionamiento de una práctica que generación tras generación se ha transformado, cualificado y estabilizado. Por su parte, lo tecnológico requiere del pensamiento analógico y visual sin descartar la abstracción (Cupani, 2006) y se fundamenta en la eficiencia; es expresión que posee mayor uso en la vida cotidiana occidental y de manera especial en los países de mayor desarrollo industrial.

La expresión *tecnología* por definición se compone de *tecné* y *logos*. Es decir, dilucidar y comprender, alude al estudio de la técnica y en consecuencia, su teoría. “Es el conjunto de conocimiento organizado sobre las técnicas” (Zimman, 1980). Este es el salto cualitativo que se acompaña de la epistemología como intento de dar razón de las cosas: ¿qué es?, ¿para qué?, ¿cómo funciona?

¿qué connotaciones éticas implica? Esta comprensión, junto con la ciencia de punta, es una transformación de la representación de la técnica y permite diferenciar el simple utilitarismo de la adecuada utilidad; entonces, la cosa en sí pasa a ser cosa pensada. Producto de este ejercicio de la razón, surgen diversos pensamientos, interpretaciones, discursos y teorías distintas que nos permite construir una epistemología de la técnica, o del arte (según el sentido griego antiguo) esto es de la tecnología (Agassi, 1997).

Así entonces, tenemos que toda tecnología incluye una técnica, pero no toda técnica incluye una tecnología; como afirma Zimman (1980) “no toda la información tecnológica se basa en la ciencia y no toda la ciencia se deriva de la tecnología”. La validez de la técnica no se obtiene como la de la ciencia, por su plausibilidad inherente o por la comunicabilidad y aceptación académica sino por su éxito práctico (Simpan, 1980) por lo que se convierten en objeto de análisis axiológico.

Esta complejidad es explicada por Agassi (1997): “como tema interrelacionado de conocimientos, artefactos, destrezas y habilidades, recursos naturales, estimaciones económicas, valores y acuerdos sociales, preferencias culturales y estéticas, esto es un entramado sociotécnico”.

Allí se reconoce que, tanto la ciencia como la tecnología se mueven políticamente en dos niveles: el internacional, propio del mundo diplomático, y el nacional con sus intereses políticos y socioeconómicos gubernamentales (Aikenhead, 1994), en consecuencia, sin neutralidad. Entramado que tiene de fondo los sistemas educativos; como señalan Vázquez y Manassero (2008) y Cardoso y Morales (2009), la formación mediante prácticas investigativas en las Facultades de Ciencias y Tecnología es insuficiente para enseñar CTS- NDCyT.

La visión descontextualizada de la ciencia se ha trasladado a la de tecnología. Como señala Aikenhead (1994), los científicos desde el siglo XX definieron la tecnología como ciencia aplicada, concepción que sigue hoy, erróneamente, en el imaginario social pues aún se considera que esta

es resultado directo de la ciencia y que posee menor estatus (Caphapuz *et al.*, 2005). Lo cierto es que la relación de la tecnología con la ciencia puede ser unívoca o biunívoca. Precisamente, el movimiento denominado alfabetización científica y tecnológica para todos y todas incluye en sus debates la sociología de la ciencia y de la tecnología, atendiendo el estudio de los contextos sociales y culturales.

La producción de conocimiento no es una actividad aislada, es una construcción del hombre en cuanto ser histórico, adscrito a una cultura en particular. Esta cultura genera acciones y reacciones políticas y manifestaciones de segmentos de sociedad (religiosa, civil, profesional) que la transforma o retrasa. Por su parte, los científicos como comunidad realizan sus cuestionamientos internos sobre la ciencia y la defienden en un contexto que estimula o por el contrario es adversa a las innovaciones. Esto es que, las corrientes socioculturales permean y filtran dichas concepciones y evolución. La antigua ecuación de a mayor ciencia = mayor tecnología = mayor riqueza = mayor bienestar, representa la forma lineal y errónea de entender la relación CTS (Chirspino, 2008). Esta es una concepción centrada en una particular percepción de progreso como sinónimo de dinero con menor esfuerzo y para un supuesto bienestar imparable sin el reconocimiento de las transformaciones negativas del entorno. La comprensión de los alcances y limitaciones de la tecnología en la sociedad genera la necesidad de repensarla, esto es reconocer su verdad, su ética y su estética, razón por la cual se ha consolidado la epistemología de la ciencia y de la tecnología, “más que un problema de uso de nuevas tecnologías es un problema cognitivo” (Colciencias, 2008).

La tecnología como acción utilitaria, en donde el sentido de utilidad está referido al saber producido mediante el diseño, la modelización y el discurso específico que sustenta la técnica como práctica. En este sentido, se alude a los aspectos epistémicos que dan cuenta de la historia de la técnica, sus aportes, su construcción y razón de

ser. Además del estudio de las implicaciones por el real o aparente confort derivado, la rapidez o facilidad y efectos de mediano y largo plazo en la vida cotidiana y la cultura. Entonces, cuando nos referimos a tecnología no lo hacemos sobre los resultados de la técnica como son los artefactos y aparatos per sé, fuera de contexto. En el debate histórico ha estado la visión de tecnología como sinónimo de lo artificial. Por tanto, a veces, contra la naturaleza, actualmente se asocia con el daño ambiental y su necesaria protección, pero sin el ingrediente moralista.

La tecnología como acción cuestionadora y cuestionante de toda obra humana genera alguna reacción social que la afecta positiva o negativamente. Sus cuestionamientos se debaten con creencias, juicios, prejuicios y principios de la ciencia que condicionan su incremento y uso. La técnica de punta lleva a pensar en la afectación de los valores y, a su vez, nos hace cuestionar sobre la idea de hombre como ser en permanente proceso de perfeccionamiento. Para Vega (2009) la tecnología ha sido considerada como una “subdisciplina de la filosofía, viene a ser como la hermana menor de la epistemología”, de la filosofía, estatus surgido en la década de 1960. Así, la ética tecnológica, que se enmarca en la bioética, la ética medioambiental y la ética de la ciencia, se constituye en campo de estudio para determinar y sopesar el valor de lo utilitario y de las innovaciones. Una sociedad realmente actualizada y éticamente preparada para la toma de decisiones sobre CyT requiere tanto de una puesta en común orientada a la formación en este sentido (Aikenhead, 1997; Lederman, 1992) como a una afortunada adecuación curricular (Chirspino, 2008; Manassero y Vázquez, 2001).

En este escenario de balance y prospectiva, las academias en Estados Unidos han planteado estándares mínimos para un buen desempeño de los profesores de tecnociencias y uso de las TIC. Se espera que los profesores promuevan y apoyen el modelamiento, la creatividad e innovación para la solución de problemas y la exploración de temas

del mundo real y la solución de problemas. De similar manera, el diseño y las pruebas propias de la innovación y la transferencia tecnológica requieren del uso óptimo de herramientas digitales para localizar, analizar, evaluar y utilizar recursos, tal como lo señalan los citados estándares. Como se infiere, el acercamiento a lo tecnológico es a partir de las TIC para lograr una adecuada aproximación a los procesos de desarrollo mental (ciencia) y de ciudadanía (responsabilidad de uso).

La Asociación Internacional de Educadores de Tecnología e Ingeniería (Iteea en inglés), produce, desde hace varios años, conocimiento y orientación para los profesores de ingeniería y de tecnologías al punto que se han establecido como factor de referencia para el conocimiento epistemológico, pedagógico y didáctico de la ingeniería y en general la tecnociencia. Así mismo, están influyendo en los currículos en los diversos niveles a través de libros que aportan a su desarrollo, conocimiento y discusión. Por su parte, la International Society for Technology in Education (Iste) ha propuesto unos estándares para los estudiantes en el sentido de qué es lo que ellos deben saber y qué habilidades deben poseer para aprender efectivamente y vivir productivamente en un mundo cada vez más digital y tecnologizado.

Este es un campo, por supuesto, obligado por el Ministerio de Educación Nacional, colombiano (1998), a través de los lineamientos curriculares en la formación media, sin embargo, los profesores no poseen formación específica para la discusión sobre tales concepciones. Se reconoce que ciencia y tecnología es un contrato social, pero que infortunadamente cuando se enseña ciencias este vínculo desaparece; nuestros cursos en la educación media y superior están centrados más en los contenidos de ciencias dejando relegados los asuntos sobre la tecnología. De aquí se desprende la hipótesis de trabajo para esta parte de la investigación: no hay conocimiento suficiente sobre las concepciones de los docentes de ciencias sobre la tecnología y su relación con la ciencia. En este sentido, el estudio indaga tal aspecto en profesores

universitarios de Ibagué bajo la pregunta central ¿cuáles son las concepciones de tecnología que muestran los docentes de la Facultad de Ciencias de la Universidad del Tolima? ¿Son adecuadas o desactualizadas tales creencias?

Método

El objetivo era conocer qué pensaban y sabían sobre la naturaleza de la tecnología y su relación con la ciencia un grupo de profesores de planta de los departamentos de Física, Química y Biología de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad del Tolima. Ello mediante un guion básico, con el cual se realizaron entrevistas focales que se grabaron en formato digital de audio y video, luego se transcribieron en el procesador de texto Word, con lo cual se procesó la información mediante el análisis de contenido (Bardín, 1996; Klipendorff, 1997). El informe se presenta mediante el apoyo de las frases textuales de las entrevistas y el análisis de sentido o metaanálisis referido a la emergencia de las concepciones epistemológicas de los docentes. Con lo anterior, se determina que la perspectiva investigativa es de carácter hermenéutico. Las entrevistas se realizaron en tres momentos, entre los meses de agosto y octubre de 2010, con duración aproximada de una hora y media.

Resultados

Campos estructurantes de la tecnología según profesores universitarios

La técnica como acción práctica y la tecnología como acción discursiva

Para los profesores universitarios de este estudio, su visión sobre la tecnología es reconocida como equivalente a ciencia aplicada, esto es como un consecuente de la ciencia. Así lo refiere un docente al preguntársele sobre dicha relación: “quisiera que me mencionaran una sola situación de ciencia aplicada sin que previamente haya existido ciencia

básica, no la hay, no la hay. Entonces hay que entender que eso es como un matrimonio” (8.1).

Si bien es cierto que la ciencia es producción de conocimiento sin un fin práctico inmediato, no significa que lo excluya; no existe un vacío entre la ciencia básica y la ciencia aplicada quizá, el asunto sea de magnitud o cobertura de la utilidad. Sin embargo, el uso de la analogía (relación similar al matrimonio) deja en el vacío el argumento anterior. De hecho, es cierto que las orientaciones científicas están jalonadas por los rendimientos y aprovechamientos de la ingeniería para la aplicación y beneficio de la sociedad, pero también es cierto que algunos descubrimientos de las ciencias básicas han sido producto de hechos fortuitos e inesperados; los ejemplos en la historia de la ciencia abundan.

La tecnología directamente relacionada con el aporte a la innovación y al desarrollo se manifiesta de manera directa y estrecha en la ingeniería, son relaciones de doble vía intrínseca y prácticamente inseparable.

Según un profesor de física sobre el Gran Colisionador de Hadrones (LHC), señala que:

Se requiere utilizar unos imanes superconductores que exija a los ingenieros, uno les dice (a los ingenieros) mire necesito esto, ellos lo van a diseñar, entonces esa es la tecnología... se van a conseguir unas temperaturas muy altas, entonces se requiere un sistema de enfriamiento; ingenieros, necesitamos enfriar esto ¿cómo lo harían?, entonces se crean situaciones que son un desafío a la par de la ingeniería y así avanza la parte tecnológica, en este momento hay un reto muy grande, una aplicación inmediata a estos aceleradores de partículas... entonces la tecnología ¿qué es lo que hace? aplicar, ¿cierto? (8.1)

El primer número corresponde al departamento al cual está adscrito el docente. El segundo al profesor entrevistado. Al departamento de Química se le asignó el número 7, al de Física el 8 y al de Biología el 9. Por su parte, otros docentes expresan una visión entre contradictoria y errónea:

La tecnología se genera de la ciencia, en la medida en que le plantea retos para solucionar de una manera más efectiva una problemática o un problema en particular... uno piensa que la tecnología está y debe estar sujeta al desarrollo de la ciencia y ésta a su vez está generando tecnología. (9.4)

Sin embargo, también existe evidencia de una concepción diferente, contrapuesta y más actualizada, por cuanto que menciona tácitamente la relación biunívoca entre ciencia, técnica y tecnología por parte de algunos profesores. Veamos un ejemplo:

Hoy en día uno no pueda decir que primero es esto (ciencia) y que después lo otro (técnica), uno diría que ese avance tecnológico puede producir un conocimiento que después va a reforzar, puede ser que los conocimientos tecnológicos también den lugar a un conocimiento básico que después pueda ser revertido. (9.2)

Esta visión es confirmada por otro docente cuando explicita:

Bueno, yo difiero de la concepción que tiene el profesor 2 sobre tecnología. Yo considero que ciencia y tecnología son dos campos independientes, ¿sí?, pues el término tecnología, digamos, es el tratado de las técnicas; hemos hablado acá que ciencias es un conjunto de conocimientos, o sea la ciencia es algo teórico, ¿cierto? Como conjunto de conocimientos es teórico, porque son conocimientos obtenidos de la naturaleza pero que posteriormente se plantean dentro del campo teórico. (9.1)

Hemos planteado que la tecnología es el estudio de los procesos técnicos y su desarrollo que produce un saber de tipo tecnocientífico. Pero ¿qué dicen los profesores al respecto? Veamos: “Hay mucho trabajo de ingeniería, entonces ahí se ve cómo ese matrimonio entre tres, entre ciencia básica, ciencia aplicada y tecnología, digamos funciona y hay un momento donde se confunde todo” (8.1).

A partir de lo anterior, no es claro si es una noción de complejidad o de confusión. Además, la analogía del matrimonio, que regularmente es entre dos, acá se explica cómo relación de tres, con lo que resulta inadecuada la comparación. Un aspecto importante es que las ideas de ciencia y tecnología resultan a veces asociadas con la del sujeto de la acción. Se habla de ciencia y de tecnología como si siempre fueran realizadas por sujetos distintos, el científico quien solo hace ciencia y el técnico solo tecnología. Quien hace ciencia probablemente no intervenga en la construcción de los aparatos o sistemas técnicos, aunque su diseño y conocimiento de funcionamiento no le es desconocido, es más, le es pertinente y necesario.

De otra parte, quien hace tecnología no es solo un técnico, es, sin duda, también científico al diseñar, construir, probar y evaluar los proyectos. Entonces, como afirma un profesor que excluye la producción de saber derivado de la tecnología al referirse a la ciencia: “cuando hablamos de ciencia hablamos de generación de conocimiento, de búsqueda de respuestas a preguntas que nos resultan del entorno” (7.7). Separación que resulta inadecuada, sobre todo cuando entendemos que precisamente la tecnociencia se produce en grandes equipos interdisciplinarios, donde todos están aportando ideas, modelos y diseños, discutiendo sus alcances y su relación costo beneficio social. Por este motivo, afirmaciones como que cuando hay un problema tecnológico es asunto exclusivo de la tecnología no resultan adecuadas: “hay que llevarle esa inquietud a la ciencia para ver que pasó” (9.4). Esto es, entender la tecnología como mero asunto práctico y la ciencia como a quien le corresponde atender los problemas derivados de lo tecnológico. Es algo así, la ciencia (el científico) piensa y resuelve y la tecnología (el tecnólogo) aplica sin pensar.

La tecnología como acción sociocultural

El estudio de las relaciones CTyS se han constituido en asunto de relevancia para una adecuada

alfabetización científica, movimiento mundial que busca incrementar la discusión sobre los beneficios y consecuencias negativas del desarrollo. Por ello, es importante que los currículos incorporen estos temas, para lo cual es importante que los profesores posean una adecuada expectativa y referencia al respecto. Entonces, veamos qué plantean nuestros docentes entrevistados. Un profesor establece la necesidad de que científicos y tecnólogos se constituyan en catalizadores de las implicaciones sociopolíticas, así lo expresa un docente:

La ciencia y la tecnología no son panacea, sí son como toda herramienta, que pueden tener ventajas y desventajas, entonces lo que pasa es que tiene que haber una evaluación por parte de grupos de la misma comunidad científica del país. (9.1)

Afirmación que permite inferir la exclusión, o al menos, de no tener en cuenta a la sociedad para la opción de discutir y aportar a la toma de decisiones democráticas tal como lo explica el movimiento alfabetización científica para todos y todas.

La comprensión de las expresiones técnica y tecnología es parcialmente valedera si observamos las siguientes manifestaciones: “Técnica es simplemente una herramienta. Las técnicas han surgido históricamente como inventos, o herramientas que el hombre utiliza para manejar la naturaleza; la técnica es una herramienta que el hombre interpone entre sí y el objeto que estudia” (9.1).

Técnica no es simplemente una herramienta, la herramienta es un instrumento que facilita el trabajo. Sin embargo, al agregarle la expresión invento anula lo anteriormente afirmado, pues la inventiva no es herramienta, es pensamiento analógico, requiere del diseño y superación de una dificultad para la cual no hay aún respuesta. La técnica es resultado de los avances científicos y las adecuaciones tecnológicas, que en su punto más alto han derivado en la denominada tecnociencia. Es decir, existe, de una parte, la técnica primitiva, rupestre o elemental y de otra parte, la técnica avanzada, de punta que recurre a lo digital, los microchips,

lo virtual, electromagnético etc. “Para que la tecnología avance se requiere primero fortalecer el conocimiento; la ciencia tiene que generar ese conocimiento a través de todas las posibilidades de herramientas” (9.2).

Esta afirmación va en contravía del primer planteamiento, pues mientras el primer docente pretende aclarar el límite conceptual de las herramientas, el segundo asume que para que exista tecnología está de base la ciencia, es consecuencia. Según se deriva, la tecnología no produce conocimiento sobre sí misma. Para otra profesora la técnica es como

Un formato, como una herramienta, pero no puede ser tan separada porque hay procesos de la tecnología que llevan a mirar inquietudes y los retos al mismo científico que está apoyando esa tecnología. Si la vemos sólo como una herramienta que se generó por un conocimiento para que la apliquen, tampoco es así. (9.1)

De nuevo se percibe la supuesta dependencia unilateral de la tecnología a partir de la ciencia.

Sin embargo, también existen segmentos de entrevista con versiones más adecuadas como la que denota que la tecnología incluye procesos y diseños particulares a su hacer lo que es evidente en la afirmación de la misma docente (9.1) cuando afirma “la tecnología no simplemente está sujeta a la innovación de aparatos sino también a los procedimientos y protocolos”.

Entre tanto, sobre el carácter de beneficio social que debe tener la ciencia y la tecnología, esto es, las relaciones externas, un docente hace una intervención haciendo notar ciertos avances, al menos en la región:

Actualmente los comités departamentales de ciencia y tecnología, o lo que se hace con la alianza, universidad-empresa-estado está empezando a cambiar. ¿Qué pasaba antes? (Los resultados) terminaban siendo para los investigadores... no terminaba en una innovación que revirtiera en la comunidad

y el ejemplo que les digo ocurría con comunidades campesinas. (7.6)

Los comités departamentales de ciencia y tecnología efectivamente buscan atraer conocimiento producido en las universidades colombianas para acercarlo a las comunidades en función de mejor productividad. Esto es un ejemplo sobre cómo la sociedad organiza y exige pertinencia y eficiencia en tales procesos, el asunto es que son emprendimientos lentos y de relativa dificultad para su implementación. En este sentido, las relaciones externas CyT son acciones vivas, se dinamizan como producto de las tensiones políticas y comunitarias.

La tecnología como acción utilitaria

La tecnología generalmente está asociada con la innovación, la función de utilidad y la eficiencia de ciertos aparatos de uso cotidiano. Esta relación es comúnmente desligada de la ciencia, esto es, que la tecnología se encarga de producir artefactos y la ciencia se encarga del conocimiento, asuntos que se también se vislumbran en apartados anteriores.

Son diversas las concepciones respecto a la implementación de la tecnología. Al respecto, un profesor anota que en la minería en Colombia no se ha implementado de manera amplia la tecnología, dado que:

Los sistemas más rupestres en minería están en Boyacá, por la zona de norte de Antioquia; Amagá y Amalfí, son zonas donde los entornos culturales están aislados con respecto a lo que podía ser el conocimiento y el manejo de un sistema tecnológico para hacer un uso benéfico. (7.6)

El docente en su declaración hace ver la estrecha relación que debe existir entre la técnica avanzada y la vida productiva pero que en nuestro país está aún pendiente.

Otro docente plantea, de nuevo, la relación unívoca entre tecnología y ciencia de manera

casuística cuando explica que los estudios sobre física cuántica se generaron mucho tiempo antes que las aplicaciones tecnológicas dado que no se conocían las aplicaciones derivadas de dichos hallazgos. Cuando hacia 1920 los investigadores iniciaban sus avances no esperaban aportar a la dimensionalidad para producir aparatos tales como la fibra óptica (9.2).

En la ciencia y la tecnología, aunque las estrategias y protocolos pueden diferir son separables, al punto que existe un efecto espiral por el cual si un país es avanzado en desarrollos científicos igualmente lo es en tecnología. Al respecto, un docente es claro al señalar el error usual en gran parte de la sociedad al considerar que como otros países ya poseen ciertos adelantos bastaría con comprarlos e importarlos pues esto sería más práctico y económico, concepción que resulta como “una mirada muy pobre” (9.2). Estos desarrollos necesitan de grandes presupuestos para lo cual se presenta la alternativa de adquirir patentes, con la consecuente dependencia, o invertir en la producción de dicha ciencia y técnica. En este caso el docente tiene en cuenta que en las decisiones de tecnociencia deben intervenir diversos actores de la sociedad.

En resumen, el docente codificado como 9.1 es el único que denota una concepción más acorde con los planteamientos epistemológicos actuales de la tecnología. Explica adecuadamente la relación de interdependencia entre ciencia y tecnología subrayando que esta no depende de la primera. Por el contrario, que en cuanto al diseño y producción existen procedimientos diferentes en la técnica que generan conocimiento y alimentan a la ciencia y a sí misma. Por su parte, la mayoría de docentes muestran y dejan entrever una concepción lineal sobre ciencia y tecnología pues la refieren como de dependencia unilateral y aún queda implícita la idea que la tecnología hace mención a los artefactos que facilitan hacer ciencia y a aquellos que ingresan a la vida cotidiana para mayor confort. Una frase que puede encerrar esta visión de varias décadas atrás es: “Nosotros, que nacimos mucho tiempo después de la mecánica cuántica, estamos

gozando de las aplicaciones tecnológicas de la misma, en aquella época era imposible saber para dónde se iba en aplicaciones tecnológicas” (8.1).

Reflexión que sí es referida por otro docente cuando alude a la importancia de la discusión filosófica para conocer el real beneficio que puedan aportar los artefactos diseñados para la comodidad o si se otra forma de esclavitud de la sociedad (9.1). Es usual la creencia que la tecnociencia va dirigida a resolver los problemas de la sociedad (9.3), asunto que reclama análisis sociopolítico para establecer si son necesidades reales o creadas en un entorno donde millones de personas mueren por falta de asistencia alimentaria y médica, por ejemplo.

Un docente expresa acertadamente que la tecnología es la ciencia de las técnicas, de los aparatos, de los procedimientos, por lo que debe haber una epistemología. Esta ciencia de la técnica se relaciona con que: “usa parte del conocimiento pero también cuando diseña cosas, puede haber novedades, pueden generar inquietudes para volver a mirarlo desde un punto de vista científico, produciendo nuevos mejoramientos, adaptaciones, etc.”. (9.3).

Conclusiones

En los docentes coexisten diversas interpretaciones sobre la relación de dependencia o interdependencia entre la ciencia y la tecnología. Varios docentes, al realizar la explicación sobre la naturaleza de la tecnología, no la separan de la ciencia, pero, a su vez, erróneamente la consideran como dependiente y herramienta al servicio de la ciencia. De los docentes entrevistados solo uno muestra un adecuado y actualizado concepto sobre la tecnología al caracterizar su naturaleza en el justo nivel de complejidad e interdependencia. Es decir, solo un profesor reconoce que la tecnología es el estudio de la técnica y que interactúa en doble sentido con la ciencia, que incluye un discurso y que sus aplicaciones están mediadas por factores sociopolíticos.

Así entonces, las afirmaciones de la mayoría de profesores corresponden a las concepciones y creencias bastante desactualizadas. Con respecto al departamento en el que laboran, los docentes de Biología y Física expresan una concepción menos errónea que los de química, aunque en cada uno de estos existen algunas ideas adecuadas. La tecnología asociada a las herramientas o aparatos únicamente se hace evidente en la mayoría de los profesores. Solo un profesor señala y explica la diferencia conceptual entre ciencia, técnica y tecnología de manera que la visión predominante son las múltiples formas de relacionar estas tres acciones.

Al analizar las diversas ideas que expresan los docentes universitarios, algo interesante para analizar es cómo es el uso de analogías para la relación entre ciencia y tecnología. Se utilizaron expresiones tales como: hija, hermana, matrimonio e inclusive como disciplinas que van de la mano. Son referencias que de alguna manera suavizan los conceptos, utilizadas como una manera cotidiana de entender esa relación, sin embargo, resultan inadecuadas.

Es de anotar también que al referirse a la naturaleza de la tecnología ningún docente la determinó como producto humano, cultural e históricamente determinada. Pareciera que dependiera de la ciencia y que esta tampoco tuviera como base la sociedad. En otras palabras, su procedencia derivada de la construcción humana y de unas necesidades reales y creadas por la sociedad es escasa. Con respecto a los tres tipos de acciones propuestas (discursiva, socio cultural y utilitaria) que implica la naturaleza de la ciencia no se esperaba que fueran mencionadas de manera explícita, pero sí que de manera implícita o tangencial se hiciera alusión a tales factores que la determinan.

En resumen, el profesorado no muestra un adecuado nivel de conocimiento sobre la tecnología como para esperar que su enseñanza sea actualizada y eficiente. Bajo esta premisa difícilmente se podría esperar que el sentido sociocultural y de utilidad de lo tecnológica no sea tergiversado y

que los estudiantes, en consecuencia, no se están beneficiando adecuadamente con tales aportes. Así, es indispensable establecer programas de formación docente permanente con el objetivo central de modificar dichas concepciones que aporten marcando diferencia y apunten al propósito internacional del movimiento alfabetización científica y tecnológica para todos y todas.

Agradecimientos

El proyecto investigación "Concepciones de ciencia, tecnología y las relaciones CTS en profesores universitarios y de formación media, y en textos escolares de ciencias" es financiado por el Fondo del Comité Central de Investigaciones de la Universidad del Tolima. Código: 40108.

Referencias

- Aduriz-Bravo, A. (2001). *Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias* (tesis de doctorado). Programa de Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Autónoma de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de: <http://www.tdx.cesca.es/TDCat-1209102-142933>.
- Agazzi, E. (1997). *El impacto epistemológico de la tecnología*. Italia: Universidad de Génova. Recuperado de: www.argumentos.es/numero1/Agassi.htm
- Aikenhead, G. S. (1994). The social contract of science: Implications for teaching science. En: J. Solomon y G. S. Aikenhead (eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform* (pp. 11-20). Nueva York: Teachers College Press.
- Aikenhead, G. S. (1997). *Exploring Ideologies: STS and HPS*. Presentado en HPS, STS and the goals of schoolscience en la conferencia *Historia y Filosofía de la ciencia y enseñanza de la ciencia*. Calgary, Canadá, June 21-24. Revisado en marzo 2010: <http://www.usask.ca/education/people/aikenhead/explideo.htm>

- Bardín, L. (1996). *Análisis de contenido*. Madrid: Akal Editores.
- Cáceres, E., Gil, M. (2000). La techné y la técnica moderna: una aproximación teórica. *Cuaderno de Relaciones laborales*, 16, 99-132.
- Caphapuz, A. et al. (2005). *À necessària renaixença do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez Editores.
- Cardoso, N y Morales, E. (2009). Actitudes hacia la naturaleza de las ciencias (NdC) en profesores de ciencias y matemáticas (CyM) y profesores de humanidades y sociales (HyS). Avance de un estudio comparativo. *Enseñanza de las ciencias revista de investigación y experiencias didácticas*, número extraordinario, 2390-2394.
- Chripino, A. O. (2008). Enfoque CTS- Ciencia, Tecnología e sociedad e seis impactos no ensino. *Tecnologia y Cultura*, 10(13), 7-17.
- Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias). (2008). *Colombia, construye y siembra futuro. Política nacional de fomento a la investigación y la innovación*. Bogotá: Colciencias.
- Klipendorff, K. (1997). *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*. Traducción de Leandro Wolf. Barcelona: Editorial Paídos.
- Lederman, N. (1992). Student's and teachers conception of nature of science: a review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331-359.
- Manassero, M.A. y Vázquez, A. (2002). Las concepciones de estudiantes y profesores de ciencia, tecnología y su relación: consecuencias para la educación. *Revista de Ciencias de la Educación*, 191, 315-343.
- Manassero, M.A., Vázquez, A. y Acevedo, J.A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca, España: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Ministerio de Educación Nacional (MEN). (1998). *Lineamientos curriculares*. Bogotá: MEN.
- National Academy of Engineering. (2010). *The Nature of technology*. Recuperado de:
- Vázquez, A. y Manassero, M. (2007). *La relevancia de la educación científica*. Palma de Mallorca, España: Universitat Illes Balears.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, 135- 176.
- Vázquez, A., Acevedo, J. A., Manassero, M. A. y Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), 38-55.
- Vega, J. (2009). Estado de la cuestión, filosofía de la tecnología. *Theoria*, 66, 323-341.
- Zimman, J. (1980). *Enseñanza y aprendizaje sobre ciencia y sociedad*. México: Fondo de Cultura Económica.





Optimización utilizando lógica difusa de dispositivo de análisis de componentes químicos de ingredientes naturales basados en el internet de las cosas IoT

Optimization using diffuse logic of analysis device for chemical components of natural ingredients based on the internet of things IoT

Otimização usando lógica fuzzy dispositivo de análise de ingredientes naturais componentes químicos baseados na internet das coisas internet das coisas IoT

Karen Vanessa Angulo-Sogamoso¹

Danilo Gustavo Gil-Sierra²

Octavio José Salcedo-Parra³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Angulo-Sogamoso, K. V., Gil-Sierra, D. y Salcedo-Parra, O. J. (2017). Optimización utilizando lógica difusa de dispositivo de análisis de componentes químicos de ingredientes naturales basados en el internet de las cosas IoT. *Revista Científica*, 30 (3), 207-223. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.11586>

Resumen

En el presente artículo se presenta la optimización utilizando lógica difusa de un dispositivo conformado por una báscula con sensores integrados. Estos sensores permiten reconocer los alimentos y realizar un análisis químico, con el fin de identificar compuestos que pueden resultar nocivos para la salud de las personas. La báscula podrá ser conectada a través de bluetooth a cualquier aparato móvil, el cual, utilizando una aplicación programada con la técnica de lógica difusa, le permitirá al usuario una descripción de los componentes de cualquier alimento, además de sugerir otros ingredientes que le permitan seguir una dieta más saludable y balanceada. La metodología de desarrollo se divide en tres etapas: en la primera se determinan las características de la báscula, luego las características del sensor y por último el

desarrollo del aplicativo. La implementación del modelo está basada en la correlación de un sistema experto y de lógica difusa (Fuzzy Logic), en donde se establece un sistema de inferencia, considerando la elección de variables de entrada y el establecimiento de tres macros que tienen evaluaciones integradas (propias de Invima), que posteriormente permitirán calcular los niveles de toxicidad en los alimentos. Al mismo tiempo, y con el fin de probar y validar el modelo de tal modo que este entregue resultados consistentes, se comparan resultados obtenidos en otros estudios donde se puede evidenciar que el modelo planteado es más eficiente en un 7.57% con respecto a los demás puestos en consideración.

Palabras clave: báscula, sensores, dispositivo, IoT, aplicación móvil, conexión bluetooth, lógica difusa, dieta.

¹. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: kvangulos@correo.udistrital.edu.co

². Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: dggils@correo.udistrital.edu.co

³. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: osalcedo@udistrital.edu.co

Abstract

In the present article, the optimization is presented using diffuse logic of a device conformed by a scale with integrated sensors. These allow to identify the foods and to carry out a chemical analysis, in order to identify compounds that can be harmful to the health of the people. The bascule can be connected via bluetooth to any mobile device, which, using an application programmed with the fuzzy logic technique, will allow the user a description of the components of any food, besides suggesting other ingredients that allow him to follow a Healthier and more balanced diet. The development methodology is divided into three stages, the first determining the characteristics of the scale, then the characteristics of the sensor and finally the development of the application. The implementation of the model is based on the correlation of an Expert System and Fuzzy Logic, where an inference system is established, considering the choice of input variables and the establishment of three macros that have integrated evaluations (Invima), Which will later allow the calculation of levels of toxicity in food. At the same time, in order to test and validate the model, in order to provide consistent results, we compare results obtained in other studies, where it can be shown that the model presented is more efficient in 7.57% with respect to the others are taken into consideration.

Keywords: bascule, sensors, device, IoT, mobile app, bluetooth connection, fuzzy logic, diet.

Resumo

Neste artigo, a otimização lógica fuzzy é apresentada usando um dispositivo que consiste de uma escala com sensores integrados. Que pode identificar alimentos e uma análise química, a fim de identificar compostos que podem ser prejudiciais para a saúde das pessoas. A balança pode ser conectado via Bluetooth para qualquer dispositivo móvel, que usa um programados utilizando a técnica de aplicação lógica fuzzy permitirá ao usuário uma descrição dos componentes de qualquer alimento, e sugerir outros ingredientes que lhe permitam seguir uma dieta saudável e equilibrada. A metodologia de desenvolvimento é dividida em três fases, o primeiro para determinar as características da escala,

em seguida, as características do sensor e, finalmente, o desenvolvimento da aplicação. A implementação do modelo é baseada na correlação de um sistema especialista e Fuzzy Logic (Lógica Fuzzy), onde um sistema de inferência são estabelecidos, considerando a escolha de variáveis de entrada e o estabelecimento de três macros que têm avaliações integradas (Invima), que posteriormente permitem calcular os níveis de toxicidade em alimentos. Ao mesmo tempo, a fim de testar e validar o modelo, de modo que ele oferece resultados consistentes e resultados obtidos em outros estudos, onde você pode mostrar que o modelo proposto é mais eficiente em 7.57% em relação ao comparar outras posições em consideração.

Palavras-chaves: balança, sensores, dispositivo, a Internet das coisas, a aplicação móvel, bluetooth, lógica fuzzy, dieta.

Introducción

Hoy en día las personas están habituadas al consumo excesivo de alimentos sin tener en cuenta factores de gran importancia como los ingredientes o compuesto químicos, los cuales repercuten fuertemente en el organismo y generan enfermedades como la obesidad, la diabetes o la anemia.

Por tal motivo, el implementar una dieta saludable se ha vuelto un elemento importante en el diario de las personas. Sin embargo, no todos los ingredientes proporcionan una fuente de nutrientes suficiente para una dieta sana.

En consecuencia, se fabricó una superficie adaptable a cualquier cocina que permita establecer el valor nutricional (calorías, carbohidratos, grasas, peso, etc.) de los ingredientes que se pongan sobre ella. Además de recomendar tamaño de las porciones y agregar o quitar ingredientes de acuerdo a las configuraciones (de una persona o el grupo de personas que habitan en la casa) asignadas previamente en un aplicativo para dispositivo móvil.

Este dispositivo está en la capacidad de medir varios rastros de sustancias químicas, como pesticidas y ácidos, así como los antibióticos

comúnmente utilizados para tratar la carne, pollo y pescado y enviar los datos a una aplicación móvil través de conexión bluetooth. Adicionalmente, el software tiene la capacidad de sugerir una dieta de acuerdo con los ingredientes que sean comúnmente usados en esta cocina.

El internet de las cosas ha permitido a las personas realizar todo tipo de actividades en una forma más eficiente gracias a su gran efectividad. Es comúnmente usado en diversas áreas como la medicina, medio ambiente, transporte, los hogares, etc. (Hipertextual.com, 2014). Pero en este caso en particular es la cocina, donde gracias a las aplicaciones y dispositivos creados para este entorno es posible obtener grandes beneficios como una dieta sana libre de químicos, de muy buen sabor y fácil de preparar (Tilley, 2015).

Con el paso del tiempo, junto con los avances logrados, se le ha dado una considerable importancia al campo de la gastronomía. Debido a que la idea de que las personas puedan preparar sus alimentos al tiempo que ahorran tiempo y trabajo (Tilley, 2015), pero asegurando asimismo la buena calidad de los platos que normalmente se consumen u otras recetas más complejas.

Antecedentes

Para esta investigación se han considerado algunos dispositivos como la balanza inteligente, con el nombre comercial de Situ, la cual ayuda a conocer los valores nutricionales de las comidas preparadas en casa. Esta puede ser conectada a una tablet y está directamente ligada con una aplicación móvil, desde la cual se puede obtener el valor nutricional de una gran variedad de ingredientes (Internetdelascosasblog.com, 2014). Solo basta poner el ingrediente a pesar sobre la superficie y se mostrará información en tiempo real. De igual forma, la aplicación permite obtener un historial de lo que la persona ha comido y puede ser compartido para que un médico o nutricionista pueda valorarlo.

De igual forma, existen dispositivos similares que cumplen con funciones semejantes como, por ejemplo, el Smart Diet Scale. Entre estos, simplemente varían en detalles que no tienen mucha importancia, como la forma o el color o la interfaz de la aplicación a la cual están ligados (Edwards, 2015; Clover, 2015).

Por otro lado, están los dispositivos que permiten a las personas escanear los alimentos. La idea de analizar la composición química de los alimentos no es nueva, pero sí lo es el hecho de llevar un pequeño aparato del tamaño de una USB en el bolsillo que permita obtener el análisis de la composición química de los alimentos y saber si lo que se va a comprar es lo que asegura la etiqueta (Práfelder, 2017).

La primera compañía que innovó en este ámbito es Consumer Physics, la cual desarrolló el miniescáner SCiO, este requiere una superficie de 2 mm para detectar la composición molecular de cualquier alimento con una exactitud casi perfecta; lo anterior sin importar que el alimento sea sólido, líquido o que se encuentre en un contenedor de vidrio, además muestra los resultados en cualquier dispositivo móvil que tenga conexión bluetooth (Arteaga, 2015).

El sensor funciona cuando envía una luz desde un espectrómetro molecular, casi infrarrojo, y excita las moléculas del alimento analizado. Las moléculas reaccionan de manera diferente y única, por lo que generan vibraciones únicas; el espectrómetro recibe esta vibración y la traduce a través de un software que muestra en la pantalla del aparato móvil la información obtenida (Mendoza, 2014).

La cantidad de usos que se le han dado a este escáner es enorme, ya que la gente no solo sabe qué tantas calorías o carbohidratos tiene un alimento, sino también puede revisar si un material es el que dice ser, como el cuero, o, aprovechando que puede escanear a través del vidrio, revisar si una bebida se encuentra en buen estado o tiene algún componente tóxico para el organismo.

Otra característica relevante es que es un dispositivo de aprendizaje, es decir, cada vez que

alguien lo utiliza alimenta una base de datos de conocimiento sobre la composición de cada cosa que está en el entorno y que crece en la medida que la gente lo use (Pérez, 2015). Eso sin tener en cuenta la información introducida por la compañía, como los algoritmos para traducir los datos entregados por el espectrómetro.

Existe otro sensor llamado Penguin, el cual posee grandes diferencias respecto al nombrado anteriormente. En este dispositivo es necesario situar el líquido que brota al apretar un alimento en una pequeña paleta, luego se introduce en el aparato y gracias a la pequeña pantalla saber si un alimento es orgánico o tiene algún componente extraño (Silva, 2015). De igual manera, el sensor se puede conectar a un dispositivo móvil y obtener una descripción más detallada, mostrando características como la vejez o la calidad, sin dejar de lado el valor nutricional.

La meta de todos estos sensores y aparatos es ayudar a la gente a tener una dieta más sana y saludable, teniendo en cuenta que gran parte de los alimentos que se consumen diariamente están llenos de componentes tóxicos o nocivos, los cuales generan un mal impacto en el cuerpo y resultan en enfermedades como la diabetes o el cáncer.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación se tomaron en cuenta tres factores fundamentales: la báscula, los sensores y el software.

Báscula

La báscula está hecha de vidrio templado. Este material es propicio pues presenta gran resistencia a golpes y temperaturas, además permite al sensor capturar y escanear los alimentos a través de él.

Las dimensiones de la báscula son: 25 cm de ancho, 32 cm de largo y 4 cm de altura, y tiene un peso aproximado de 700 gr. El diagrama de la báscula se puede observar en la figura 1. En la parte inferior de la báscula se cuenta con una pantalla

de LCD de alto contraste, la cual ofrece información básica de los alimentos puestos sobre ella.

La conexión a dispositivos móviles será a través de Bluetooth versión 4.0, con esto se puede obtener una información más detallada de cada alimento escaneado de forma rápida, debido a que esta versión ofrece una velocidad de transferencia de 1 Mbps y la distancia máxima aproximada para permitir la transmisión de datos entre el sensor y el dispositivo móvil es 30 m.

Para darle poder a la fuente son necesarias cuatro baterías AA, las cuales permiten un uso aproximado de la báscula de 100 horas continuas. Esta tecnología es idónea para obtener energía, ya que de esta forma se evita la dependencia de un tomacorriente.

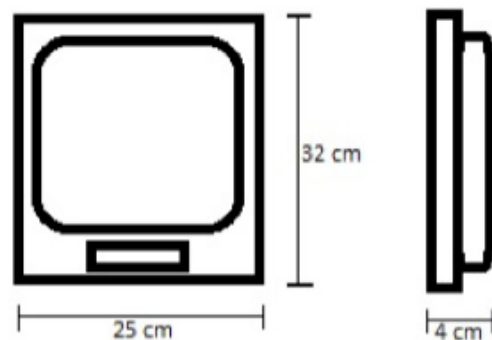


Figura 1. Dimensiones de la báscula.
Fuente: elaboración propia.

Sensor

El sensor que permite escanear los alimentos emite una luz infrarroja de un espectrómetro molecular. Cuando la luz impacta el alimento las células vibran de forma única y diferente, y, al reflejar la luz, la información obtenida se traduce a través del software que estará implementado en la aplicación móvil.

Los elementos que debe detectar el sensor son:

- Glúcidos: formados por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), como la glucosa (al unirse muchas moléculas de este, se forma el

almidón) y la sacarosa, los cuales no son solubles en agua y son comúnmente llamados azúcares. Estos compuestos no se pueden descomponer en otros más sencillos.

- **Lípidos:** compuestas principalmente por carbono (C) e hidrógeno (H) y en menor medida oxígeno (O), aunque también pueden contener fósforo (P), azufre (S) y nitrógeno (N). Las grasas y el colesterol son sustancias que se disuelven poco o nada en agua. En particular, las grasas que son de origen vegetal son llamadas aceites y si son de origen animal se denominan sebos. Asimismo, la grasa puede descomponerse en otras sustancias más sencillas como el glicerol y los ácidos grasos.
- **Proteínas:** compuestos básicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N); aunque pueden contener también azufre (S) y fósforo (P) y, en menor proporción, hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mg), yodo (Y), etc., La hemoglobina o el gluten son macromoléculas formadas por la unión de centenares o miles de moléculas llamadas aminoácidos. Las proteínas se diferencian unas de otras por la cantidad, tipo y disposición de aminoácidos que las conforman.
- **Vitaminas:** como la vitamina C (ácido ascórbico C₆ H₈ O₆) y la vitamina A (retinol C₂₀ H₃₀ O) son sustancias que el organismo necesita en pequeñas dosis. Son imprescindibles para el óptimo funcionamiento a pesar de que el cuerpo no tiene la capacidad de sintetizarlas.

Por otro lado, en los alimentos biológicos se encuentran componentes químicos ajenos a su composición original, los cuales son usados con diversos fines como pesticidas u hormonas de crecimiento. Estas sustancias pueden ser detonantes de enfermedades tan graves como el cáncer o alteraciones en los sistemas del cuerpo humano.

Estas sustancias están clasificadas en los siguientes grupos:

- **Antibióticos:** estos se encuentran en los animales de granja y se aplican con el fin de evitar infecciones o aumentar su crecimiento. Sin embargo, las bacterias se vuelven resistentes, por lo que se aumentan las dosis, al ser consumidos estos alimentos los antibióticos llegan al cuerpo y es posible que puedan perjudicar el sistema inmunológico, haciéndonos más vulnerables a enfermedades o infecciones.
- **Dioxinas:** son contaminantes orgánicos persistentes no biodegradables, pero sí acumulables en tejidos orgánicos. Estas sustancias aumentan el riesgo de cáncer y de padecer alteraciones en sistemas inmune, endocrino y reproductor.
- **Irrradiados:** son alimentos que han sido tratados con rayos X o electrones con el fin de eliminar gérmenes. Autoridades como la OMS aseguran que el consumo de alimentos tratados con estos procesos no tiene efectos secundarios, pero investigadores ajenos afirman que estas técnicas eliminan los nutrientes y generan productos radiolíticos que pueden aumentar el riesgo de adquirir cáncer.
- **Pesticidas:** son las sustancias más comunes y de igual manera muy tóxicas, las cuales evitan el ataque de insectos en las cosechas, pero que tienen efectos perjudiciales para la salud a mediano y largo plazo. Dependiendo del pesticida se pueden tener diferentes efectos, por ejemplo, los de tipo órgano fosfatados y carbonatos afectan el sistema nervioso. Existen otros (como glifosato, malation y diazinon) que producen irritaciones, reducen la fertilidad, generan malformaciones en fetos e incluso causan la muerte.
- **Plásticos:** esos componentes como el bisfenol A se adhieren a los alimentos, dependiendo de donde sean almacenados, y pueden tener efectos secundarios como la alteración del sistema hormonal, diabetes tipo 2, enfermedad cardiovascular y toxicidad hepática.
- **Transgénicos:** son sustancias introducidas a los alimentos con el fin de aumentar su resistencia

al clima y a las plagas. Aparecen comúnmente en el maíz y en carnes, pero conllevan riesgo de tener alergias y afecciones a la fertilidad.

Software

Se implementó un software de tipo aplicación híbrida, el cual soporta cualquier dispositivo móvil con sistema operativo Android 7 nougat (o inferior) o IOs 10 (o inferior). Esta aplicación tiene toda la información necesaria para realizar un análisis químico externo a los alimentos de procedencia agrícola que se desean escanear.

La interfaz gráfica permite a cada usuario obtener información detallada y específica que la báscula, por comodidad, amigabilidad y simpleza en su diseño, no puede mostrar. Además, el software puede almacenar la información de los alimentos que fueron escaneados y realizar recomendaciones de acuerdo con las configuraciones previas hechas por cada usuario.

Simulación de señales theta

A través del uso del software Matlab R2013b®, se simuló un sensor infrarrojo (IR) que permite

capturar señales de un espectrómetro. La simulación del sensor envía una señal de tipo theta, como se observa en la figura 2, la cual, en el momento de realizar el correspondiente análisis de cada alimento detecta las diferentes anomalías que puede presentar.

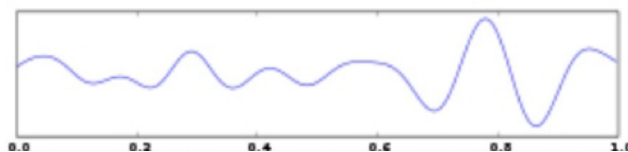


Figura 2. Señal theta.

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se le introducen valores nutricionales de diferentes alimentos de cada grupo alimenticio con el fin de detectar la variación en las señales.

Valor nutricional

Es necesario tener en cuenta que los análisis de alimentos se realizan a través de los requisitos establecidos por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima, 2011). Esta entidad se encarga de ejercer las funciones de

Tabla 1. Valores alimenticios.

Alimento	Calorías	Proteínas	Hidratos	Grasas
Aguacate	233	1.8	0.4	23.5
Carne de res	136	21.3	0	5.6
Fresa	35	0.8	5.5	0.4
Frijol	292	23.5	35.1	0.8
Kiwi	56	1	9.1	0.8
Manzana	55	0.3	11.5	0.3
Pechuga de pollo	113	20.6	0	3.4
Sandía	18	0.6	4.5	0.3
Tomate	23	0.8	3.5	0.2
Zanahoria	40	1.2	7	0.2

Fuente: basado en requerimientos del Invima.

inspección, vigilancia y control a los establecimientos productores y comercializadores de los alimentos, con el fin de obtener la mejor calidad a través de la certificación en buenas prácticas y condiciones sanitarias. Un ejemplo del valor nutricional de algunos alimentos se observa en la tabla 1; los valores están calculados en porciones de 100 gr.

El uso de herramientas tecnológicas como la lógica difusa, las redes neuronales artificiales, los sistemas expertos y los algoritmos genéticos en la solución de problemas industriales, económicos y financieros. Ha sido y producido un sin número de cambios en lo que hoy conocemos como organizaciones, ya que las en este momento se pueden contar actualmente con una diversidad de modelos que controlan diferentes tipos de información y por lo tanto ser más flexibles que los modelos basados en la lógica formal. Los retos del cambio tecnológico obligan a las organizaciones a estar en una constante revisión de paradigmas, de tal manera que les permita mantener su competitividad y su consolidación en el mercado.

Debido a esto, impera el hecho de que sean utilizados de alguna forma este tipo de tecnologías en el desarrollo de esta aplicación; en este caso en particular, el modelo establecido es un sistema experto difuso, híbrido entre los sistemas expertos y lógica difusa. Sin embargo, sabiendo que la complejidad al momento de determinar la cantidad de elementos exógenos en la superficie de algún alimento es alta, con esto se pretende minimizar los niveles de riesgo al momento de consumirlos.

Lógica difusa: un sistema de inferencia difuso se puede definir como un sistema que modela funciones no lineales teniendo unas variables lingüísticas de entrada, las cuales convierte en variables de salida mediante la lógica borrosa y grupos de reglas (figura 3).

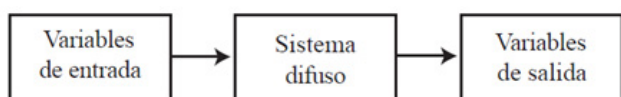


Figura 3. Esquema general de la lógica difusa.

Fuente: Jang, Sun y Mizutani (1997).

La lógica difusa se fundamenta en los conjuntos difusos basados en reglas de la forma “Si... Entonces...”, donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos borrosos; es así como las reglas siempre convierten un conjunto borroso en otro. La lógica difusa (llamada también lógica borrosa por otros autores o Fuzzy Logic) es básicamente una lógica que permite definir valores en las áreas oscuras entre las evaluaciones convencionales de la lógica precisa: Sí / No, Cierto / Falso, Blanco / Negro, etc. Con la lógica difusa las proposiciones pueden ser representadas con grados de certeza o falsedad (Jang, Sun y Mizutani, 1997).

Es importante, a la hora del desarrollo de un sistema difuso, tener en cuenta los siguientes aspectos: identificación de variables de entrada y salida; determinación de conjuntos difusos; selección de método para agregación y desborrosificación o concreción; creación de base de conocimiento utilizando reglas del tipo Si-Entonces; diseño de mecanismo de inferencia; y evaluación y uso del sistema. Una forma general de representación de un modelo de lógica difusa se presenta en la figura 4.

Como se ha mencionado en el transcurso de este artículo, en el presente trabajo se muestran los fundamentos de la lógica difusa para la detección de elementos extraños en las superficies de alimentos orgánicos, usando un sensor infrarrojo que tiene como referencia una señal theta.

El programa idóneo para el diseño e implementación del modelo es Matlab. El lenguaje de Matlab, basado en matrices, es la forma más natural para expresar las matemáticas computacionales Matworks (2016).

Diseño

En el diseño se tuvo en cuenta varios criterios explicados en la metodología. También, para cada una de las partes de los dispositivos se examinaron factores que pudieran generar fallos. A

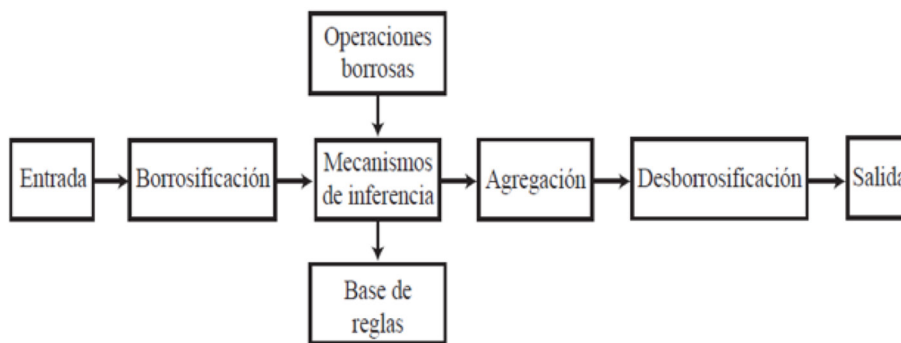


Figura 4. Esquema general de la lógica difusa.

Fuente: Jang, Sun y Mizutani (1997).

continuación, se presentan las diferentes características a tomar en cuenta.

Báscula: el vidrio templado con el cual está elaborada la báscula es un material altamente resistente ya que es aproximadamente cuatro veces más fuerte que el vidrio convencional. Para que el vidrio pueda ser usado es necesario que cumpla con los requerimientos de la norma EN 12150, que establece parámetros como el número de fragmentos en el que se debe dividir a la hora de romperse, el tamaño del fragmento más grande o la resistencia a altas temperaturas.

Estos requerimientos garantizan que la báscula como tal tenga una larga vida útil, o en caso de algún accidente que el usuario no salga afectado físicamente por el aparato.

Sensor: el sensor ideal para el dispositivo es un espectrómetro infrarrojo, pero no es práctico debido a que estos dispositivos son de gran volumen y peso. Por ello, a pesar de tener alto nivel de precisión para el análisis de elementos orgánicos, resultó poco indicado para la aplicación en conjunto con la báscula. Por esto existen espectrómetros con características semejantes (emiten luz casi infrarroja) que tienen el tamaño apropiado para adaptarlos en la báscula sin ningún problema. Cabe resaltar que las mediciones de los escaneos realizados por el sensor se miden a través de un plano cartesiano, que tiene como abscisas los ciclos por centímetros

los cuales hacen referencia al número de onda (es una magnitud de frecuencia que indica el número de veces que vibra una onda en una unidad de distancia). Por otro lado, en el eje de las ordenadas está la absorbancia, que permite la interpretación de los componentes químicos a través de la luz infrarroja. Un ejemplo se puede observar en la figura 5.

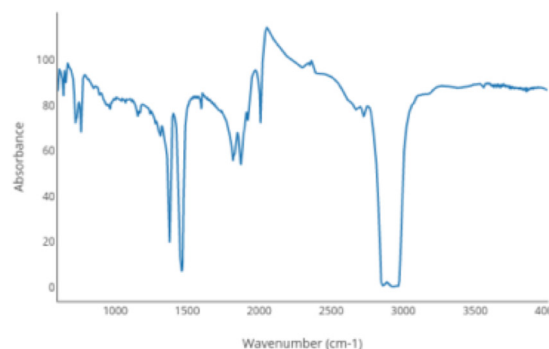


Figura 5. Ejemplo de luz infrarroja (absorbancia vs. ciclos por centímetro).

Fuente: elaboración propia.

Software: el desarrollo de software ha evolucionado progresivamente y su crecimiento constante ha generado sin número de beneficios en diferentes áreas del conocimiento. Es ahí donde la elección de la metodología idónea puede marcar la

diferencia entre el éxito o el fracaso de un proyecto. Debido a esto y al gran crecimiento que han tenido las denominadas metodologías ágiles, gracias al crecimiento de la productividad, la flexibilidad, el manejo de procesos organizados, repetibles y mejorables sin una alta inversión de presupuesto y de tiempo en su implementación, han hecho que Scrum, Extreme Programming y Feature Drive Development (Mitre, Ortega y Lemus, 2014) sean las más usadas en la industria. Teniendo en cuenta lo anterior, y lo que se desea desarrollar en esta investigación, las ventajas que ofrece la metodología Scrum se ajustan estrechamente a los objetivos planteados.

La naturaleza de Scrum para el desarrollo de software puede ser resumida en las siguientes etapas (Velázquez y Rodríguez, 2014):

- Diseñar una lista detallada de las funcionalidades del software (funcionales y no funcionales).
- Establecer claramente cuáles serán las funcionalidades (requerimientos) que se incluirán en cada una de las versiones del software.
- Establecer y estimar tiempos cortos para el desarrollo de cada versión.
- Desarrollar y entregar al usuario cada una de las versiones del software.
- Hacer reuniones de seguimiento de las entregas parciales, con el fin de completar la totalidad de las funcionalidades del software (considerando siempre las opiniones del usuario para la retroalimentación).

Adicional a esto, el desarrollo se ejecuta de forma iterativa e incremental. Cada entrega o iteración se denomina Sprint y tiene una duración preestablecida (no mayor a cuatro semanas), que tiene como objetivo una versión del software con nuevos requerimientos incorporados. Tras cada Sprint, se ajustan las funcionalidades presentadas y se añaden nuevas de acuerdo con una priorización y el aporte que generan al negocio (Morales y Peñaranda, 2017). En cuanto a los roles específicos que define Scrum, cabe destacar que todos

son desarrollados por diferentes miembros del equipo e incluyen actividades diversas; con el fin de cumplir a cabalidad los objetivos propuestos inicialmente en el proyecto en el menor tiempo posible. Los roles son, según Velázquez y Rodríguez (2014):

- Propietario del producto (Product owner [PO]): persona responsable de identificar los requerimientos del software. Es quien entabla comunicación directa con el representante de los clientes o personas que utilizará el software.
- Desarrollador (Team): miembro del equipo responsable de realizar el código para incorporar en el software las funciones identificadas por el propietario del producto.
- Evaluador de la versión (Product owner [PO]): persona que realiza la evaluación de la versión del software que se está desarrollando
- Facilitador (Scrum master): es la persona que proporciona orientación y apoyo a todos los miembros del grupo, además de evaluar los avances en el logro de las metas del proyecto.

Con la aproximación preliminar, y para garantizar el buen desarrollo del software, se aplicaron metodologías de ingeniería de software expuesta. Cada una de las etapas hacen parte de una iteración o Sprint y se explican a continuación:

- **Análisis de requerimientos:** para conocer los requerimientos necesarios para la elaboración del aplicativo se hicieron encuestas a estudiantes universitarios de la Universidad Francisco José de Caldas. Estas fueron supervisadas por un nutricionista, ya que fue necesario establecer la dieta adecuada de acuerdo con el desgaste diario y las condiciones de salud que pueden presentar por tener una alimentación inadecuada y una insuficiencia de nutrientes, vitaminas, entre otros.
- **Especificación:** se depuraron los requerimientos e información inconsistente con el fin de que la aplicación tuviera un comportamiento

óptimo, de acuerdo con la evaluación del tipo de alimentación que tiene el grupo de personas en estudio se eliminaron los sesgos producidos al momento de la captura de la información para no incurrir en conclusiones erróneas. En este paso fue útil generar gráficas que arrojaban comportamientos y hábitos alimenticios. Entre otros requerimientos, la usabilidad y fácil entendimiento por parte de los usuarios fueron los abanderados para que la aplicación tenga una interfaz atractiva y con un cómodo uso.

- **Diseño y arquitectura:** para la aplicación se buscó que tuviera una base de datos con capacidad creciente de acuerdo con los elementos orgánicos que se escaneen con el sensor, por lo cual se aplicó el desarrollo en espiral. Este ciclo de vida permitió que la base de datos crezca sin incrementar el riesgo a que colapse o presente fallos, ya que esta permite mejorar su funcionamiento a medida que se va iterando.
- **Programación:** se usó un software llamado Córdova, el cual está diseñado con el fin de plasmar el código sin preocuparse por la plataforma a la cual se va a adaptar. Esta permite exportar el proyecto ya sea en IOS o en Android.
- **Prueba:** se hicieron pruebas unitarias constantemente con el fin de evitar la presencia de errores en la aplicación. Sin embargo, la idea fue que al llegar a esta etapa las pruebas presentaran buenos resultados debido a la planeación previamente hecha.

- **Documentación:** se tiene un manual de usuario que puede ser visto en la aplicación, donde se explica su funcionamiento paso a paso.
- **Mantenimiento:** se hace mantenimiento a la aplicación una vez al mes. En esta etapa se aplican parches correctivos de ser necesario y se adicionan los elementos orgánicos que se presenten en la base de datos que corresponden debidamente con un elemento orgánico (alimenticio).

Resultados y análisis

Para el procesamiento de los datos se utilizó el toolbox de Matlab de lógica difusa (fuzzy logic). Este toolbox tiene la capacidad de trabajar bajo dos métodos de inferencia: mamdani y Tagaki-Sugeno-Kang. El funcionamiento de estos sistemas difusos es esencialmente similar, debido a que las partes básicas de cada sistema son iguales. Ambos cuentan con fusificación, base de conocimiento, inferencia y defusificación (Sakti, 2014).

Sin embargo, la principal diferencia radica en la forma como se establecen las reglas. Una regla de la base de reglas o de la base de conocimiento cuenta con dos partes, el antecedente (definido por un IF) y el consecuente (definido por un THEN). En el caso del sistema mamdani están basadas por expresiones lingüísticas propiamente; y en el sistema Sugeno solo el antecedente posee con una base lingüística y el consecuente se basa en una función de la entrada que tenga el sistema en un momento dado

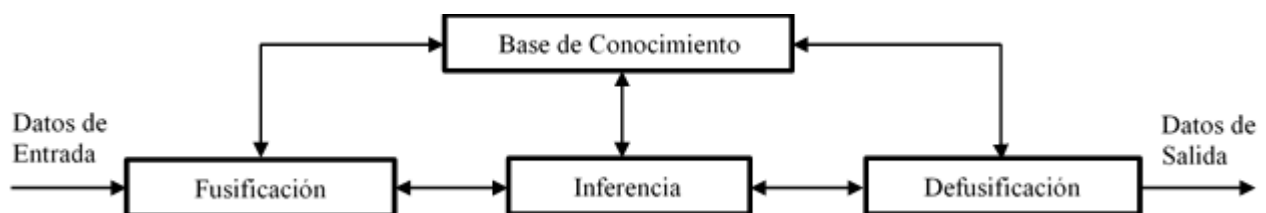


Figura 6. Diagrama de bloques de un sistema difuso.

Fuente: elaboración propia.

(Shaukat *et al.*, 2016). La definición de reglas y el sistema difuso usado se realizó con base en el modelo mamdani.

Los sistemas expertos permiten que, a través de una serie de entradas, se tenga como resultado una salida deseada y esto se hace gracias al establecimiento de una serie de conjuntos difusos y sus respectivos valores de pertenencia. Para este caso se tienen cuatro conjuntos difusos de entrada y un conjunto de salida, encargado de generar la señal respectiva según el tipo de información ingresada. Este se observa en figura 7.

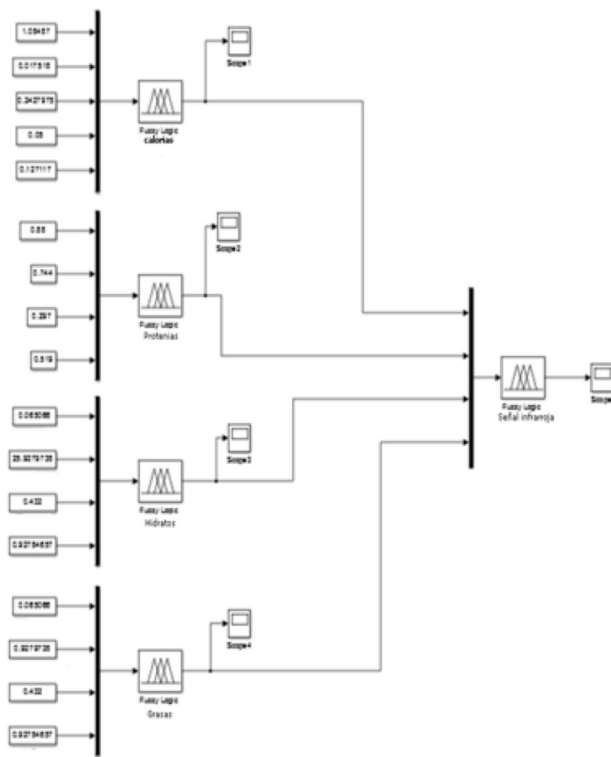


Figura 7. Sistema experto difuso propuesto.
Fuente: elaboración propia.

La determinación de las reglas para cada sistema difuso se hizo con base en las recomendaciones expuesta por el nutricionista consultado y con los grupos alimenticios seleccionados (tabla 3). Según esto, se tomaron las características más representativas de componentes alimenticios consumidos por cada estudiante y se evaluaron las

unidades por gramo dependiendo de cada una, con el objetivo de implementar las tres entradas correspondientes, definidas así: vegetales, cárnicos y frutas.

En el caso específico de las entradas para el sistema de inferencia difusa, señal infrarroja, se utilizaron los resultados arrojados por los cuatro sistemas anteriores y se formularon las reglas como se muestra en la tabla 2.

Como bien es sabido, la determinación adecuada de las reglas puede generar una variedad de superficies que incluyen tres de las variables que hacen parte del sistema y esto se mapea en una figura en tres dimensiones (3D), que de acuerdo a sus picos pronunciados o suavizados ayuda a tomar acciones de control sobre el modelo. La figura 8 muestra las superficies resultantes al evaluar el conjunto difuso de salida con sus reglas respecto a sus cuatro entradas y las reglas pertenecientes a los mismos.

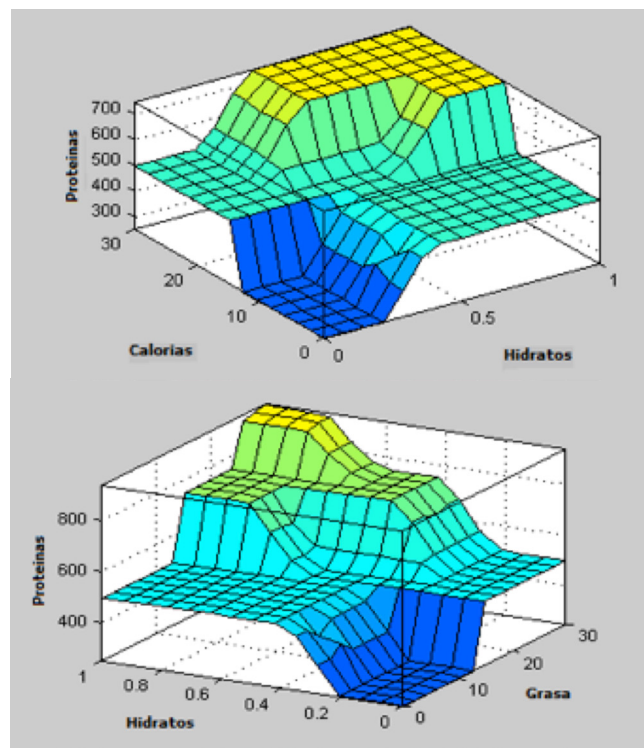


Figura 8. Representación de superficies para el conjunto difuso de salida.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Reglas para el sistema inferencia difuso denominado señal infrarroja, incluye niveles determinados para los sistemas expertos de calorías, proteínas, hidratos y grasas.

	Grasas	Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto	Alto
	Hidratos	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
	Proteínas									
Calorías										
Bajo	Alto	Medio	Medio Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio Alto	Medio	Medio
Bajo	Medio	Medio Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio Bajo	Medio	Medio	Medio Bajo
Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	Medio	Medio Bajo	Medio Bajo
Medio	Alto	Medio Alto	Medio	Medio Bajo	Medio Alto	Medio	Medio	Alto	Medio Alto	Medio
Medio	Medio	Medio	Medio	Medio Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio Alto	Medio	Medio
Medio	Bajo	Medio Bajo	Medio Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio Bajo	Medio	Medio	Medio
Alto	Alto	Medio Alto	Medio	Medio	Medio Alto	Medio Alto	Medio	Alto	Alto	Medio Alto
Alto	Medio	Medio	Medio	Medio Bajo	Medio Alto	Medio	Medio	Alto	Medio Alto	Medio
Alto	Bajo	Medio	Medio Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio Bajo	Medio Alto	Medio	Medio

Fuente: elaboración propia.

En la figura 9 se muestran algunos conjuntos difusos con sus respectivos valores de pertenencia, los que permiten llegar a un análisis más profundo sobre los datos recolectados por la simulación del sensor.

Posteriormente, se obtuvieron las señales que se observan en las figuras 10, 11 y 12, las cuales fueron clasificadas por cada grupo alimenticio.

Al realizar el análisis de los diferentes componentes a través de la simulación, se puede observar claramente que las señales tienen comportamiento diferente. Sin embargo, muestran similitudes respecto a los picos y valles que se generan entre los alimentos pertenecientes a un mismo grupo alimenticio.

En el caso del grupo alimenticio de frutas, todas presentaron un pico alrededor de los 1600 y 1400

ciclos x cm y en diferentes escalas de absorbancia (figura 10).

Para el grupo alimenticio de vegetales no se logró establecer un patrón de comportamiento pues, como se puede observar en la figura 11, los diferentes alimentos escaneados presentan picos en diferentes ciclos por segundo. Pero cabe resaltar que las diferentes absorbancias no se superponen, lo cual permite asignar la señal emitida a un alimento diferente.

Por último, está el grupo alimenticio de los cárnicos los cuales presentan diferentes picos, resaltando los que se generan alrededor de los 1500 y 1200 ciclos por segundo (figura 12).

Esto permite dar paso al análisis de una gran variedad de alimentos orgánicos, con la seguridad de obtener resultados únicos de acuerdo con todos y cada uno de los alimentos.

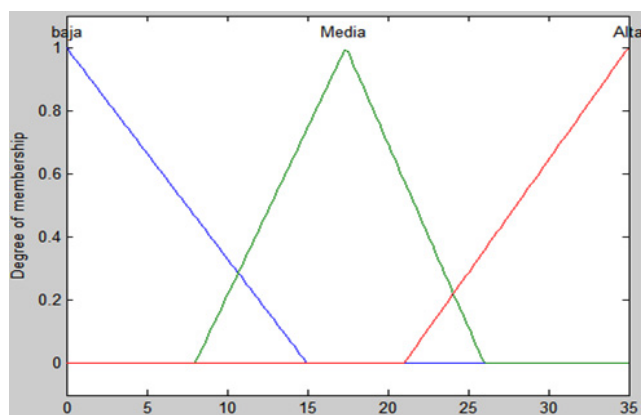
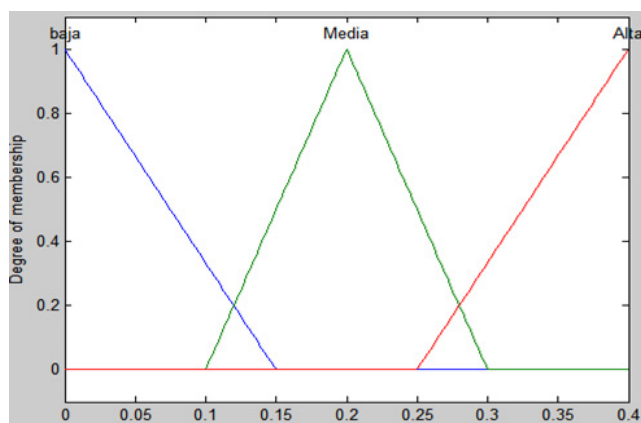


Figura 9. Valores de Pertinencia para el Conjunto Difuso de salida (Señales Infrarrojas).

Fuente: Elaboración Propia.

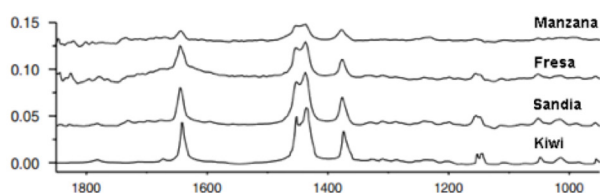


Figura 10. Señal de frutas.

Fuente: elaboración propia.

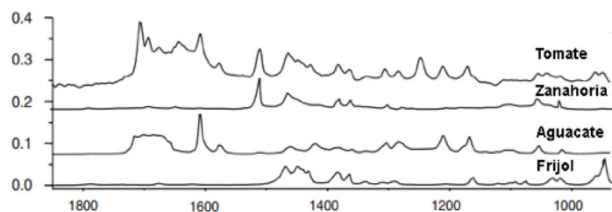


Figura 11. Señal de vegetales.

Fuente: elaboración propia.

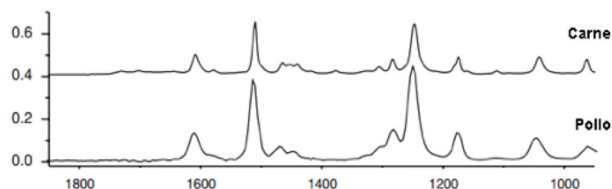


Figura 12. Señal de cárnicos.

Fuente: elaboración propia.

Comparación de resultados

En este apartado es relevante tener en cuenta que los trabajos que abordaron una temática similar, como el de González, Garrigues, Armentab y de la Guardia (2011), restringen la cantidad de alimentos escaneados a uno o dos. Sin embargo, los resultados obtenidos por estos exponentes permitieron establecer una pauta para verificar si los resultados obtenidos en la simulación son equivalentes.

González, Garrigues, Armentab y de la Guardia realizaron el análisis a través de un método denominado reflexión y transmisión, en donde realizan un escaneo de diferentes muestras por medio de un espectrómetro infrarrojo siguiendo los parámetros establecidos en el ISO 13528 (en los cuales la variación de las diferentes señales de un mismo alimento no debe variar por más del 30%).

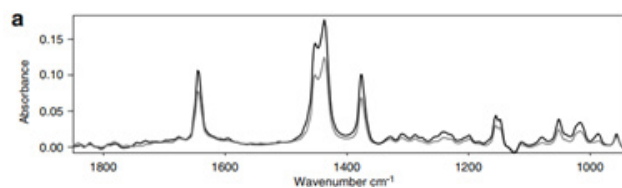


Figura 13. Valores de pertinencia el análisis de mandarinas (señales infrarrojas).

Fuente: González, Garrigues, Armentab de la Guardia (2011).

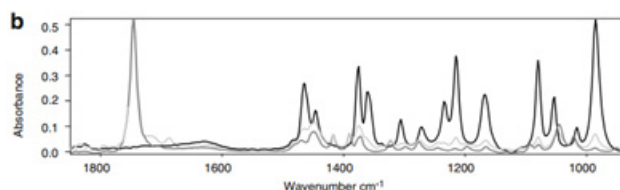


Figura 14. Valores de Pertinencia el análisis de tomates (Señales Infrarrojas).

Fuente: González, Garrigues, Armentab y de la Guardia (2011)

De acuerdo con la figura 13, las señales emitidas por el escaneo de mandarinas tuvieron una considerable similitud con las señales obtenidas en la simulación (figura 11), donde se obtuvieron picos sobresalientes alrededor de los 1600 y 1400 ciclos por segundo.

Por otro lado, los resultados obtenidos en la figura 14 no presentan comportamiento semejante con los resultados obtenidos en la simulación (figura 12). Sin embargo, como se afirmó anteriormente, existen diferentes picos en ciclos por segundo y en diferentes niveles de absorbancia, a pesar de ello, cada vez que se simula el mismo alimento se genera una señal igual, lo que confirma el hecho de poder asignar un alimento a su señal emitida.

Respecto la comparación de alimentos del grupo alimenticio de cárnicos, no hay autores que aborden este tipo de alimentos, empero, la eficiente simulación de los otros grupos alimenticios permite afirmar que las señales emitidas por este tipo de alimentos son confiables.

De acuerdo con los valores obtenidos se pudo establecer la tabla 3.

Los valores de la tabla 3 se obtuvieron de la comparación de la simulación de un sensor que emite una señal theta. Estos arrojan un valor numérico llamado hit de calidad, estos valores se obtienen de la acumulación de 25 escaneos por cada

espectro con una resolución de 0.4 cm de una muestra de 1 g.

Al utilizar el sistema experto basado en lógica difusa, con el análisis expuesto durante el desarrollo de esta investigación, se obtuvieron resultados más objetivos y pertinentes. Dado que aporta una percepción más detallada de los componentes químicos presentes en los diferentes alimentos y, así mismo, permite establecer un punto de referencia óptimo respecto al funcionamiento del modelo.

Sin embargo, el sistema experto basado en lógica difusa ofrece una información que utiliza conceptos similares a la realidad, definiendo grados, variables de pertenencia y siguiendo patrones de razonamiento similares a los del pensamiento humano (Manco y Medina, 2007). Pero, aunque esto es útil para una futura toma de decisiones, existen errores que pueden ser corregidos o mejorados mediante técnicas de optimización.

La optimización basada en el método del gradiente, también denominado quasi-newton, busca generar valores para la media de la distribución y la desviación típica que describen las funciones de pertenencia para cada variable de entrada y salida, que son las variables que definen la función a optimizar, manteniendo el mismo número de reglas (Rodríguez, Ponce y Espitia, 2013). Este proceso utiliza como información de entrada una función

Tabla 3. Valores comparativos.

Alimentos	Valor de los autores (hit de calidad)	Valor simulación (hit de calidad)	Diferencia porcentual
Manzana	990	903	8.79%
Fresa		914	7.68%
Sandía		936	5.45%
Kiwi		973	1.72%
Tomate		782	10.22%
Zanahoria	871	811	6.89%
Aguacate		797	8.5%
Frijol		832	4.48%
Carne		646	-
Pollo		694	-

Fuente: elaboración propia.

objetivo que establece el error entre: los datos reales y los datos simulados.

El proceso de optimización por quasi-newton requiere de un valor inicial para su ejecución, razón por la cual su convergencia puede estar en un mínimo local y no en el mínimo global como se esperaría. Este método nos ofrece una alta explotación, pero una baja exploración (Mayta, 2007). Es decir, nos permite, al encontrar una posible solución óptima, moverse en el espacio circundante a esta para encontrar la que más se acerque el óptimo en dicho vecindario.

Para la implementación de este método de optimización es necesario contar con un punto inicial de partida; para este caso será la distribución de los valores de pertenencia sobre los diferentes conjuntos difusos. Nuevamente, la función de desempeño establecida evaluará punto a punto la respuesta final con la generada desde los conjuntos difusos, para así ajustarlos y llegar a la respuesta deseada (figura 15).

El resultado arrojado por la optimización a través la aplicación de análisis por medio de sistema experto basado en lógica difusa y el análisis

de reflexión y transmisión implementado por Gonzálezveza, Garriguesa, Armentab y de la Guardia (2011), en términos cuantitativos se expresa así:

Tabla 4. Valores de desempeño de análisis.

Análisis	Índice de desempeño
Lógica difusa y optimización por el método del gradiente	3.5444e-02
Método de reflexión y transmisión	3.8360e-02

Fuente: elaboración propia.

Se puede evidenciar que el análisis de lógica difusa es mejor que el análisis por reflexión y transmisión en un 7.57%.

Análisis de resultados

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 3, se puede afirmar que la diferencia porcentual a nivel de frutos esta entre 1.72% y 8.79% con una diferencia promedio de 5.91%. A nivel de vegetales, la diferencia porcentual se encuentra entre 4.48%

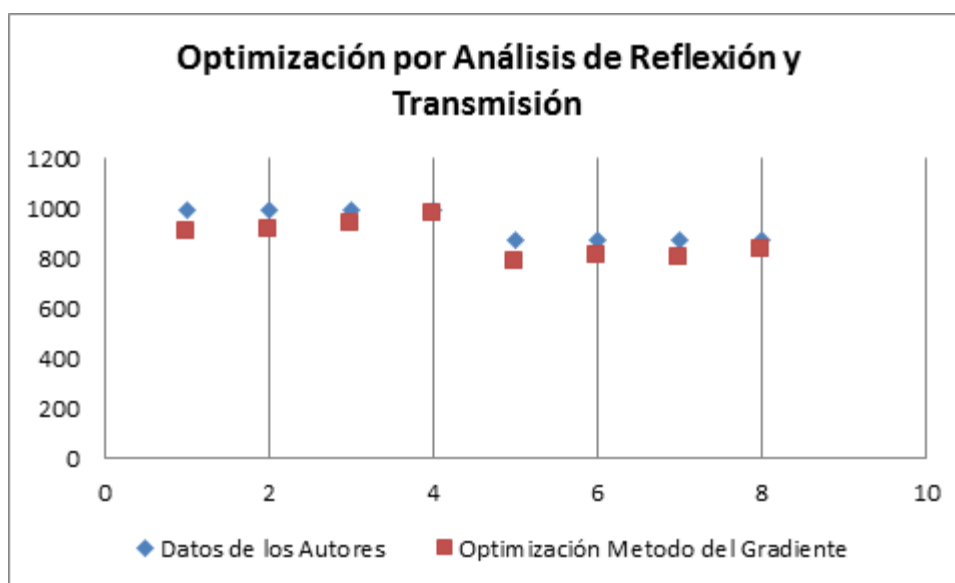


Figura 15. Datos de los autores vs. sistema experto optimizado con método del gradiente.

Fuente: elaboración propia.

y 10.22%, estableciendo un promedio de 7.52%. Esto nos indica que los valores obtenidos en la simulación son más eficientes respecto a la emisión de señales a diferentes niveles de absorbancia respecto a los ciclos por segundo.

Respecto al grupo alimenticio de los cárnicos, no fue posible establecer un punto de comparación debido a que no existen otros modelos con los cuales se pueda comparar su eficiencia. Lo anterior puede ser útil para trabajos futuros, en los cuales se establezca el análisis químico de diferentes productos cárnicos y se pueda verificar la validez de los resultados obtenidos en esta investigación.

El análisis por medio de la aplicación de lógica difusa arrojó un índice de desempeño de 3.5444e-02. Esto indica que tiene un mejor desempeño que el análisis por medio de reflexión y transmisión. Según este orden de ideas, la simulación del escaneo de componentes químicos presentes en alimentos de origen natural se presenta un funcionamiento eficiente y confiable debido a que es un valor cercano a 0.

Realizando un ajuste sobre los conjuntos difusos y sobre sus valores de pertenencia mediante la aplicación de un método de optimización, se denota que las acciones de control mejoran la efectividad de la evaluación de manera significativa. En este caso la mejora es de un 7.57% respecto al modelo establecido por los autores con los que se comparó esta investigación (reflexión y transmisión).

Conclusión

Se concluye que la técnica de inteligencia artificial de lógica difusa, utilizando como sensor un espectrómetro, tiene un mejor desempeño en la evaluación de los alimentos que la técnica por reflexión y transmisión. Esto gracias a que la técnica de lógica difusa permite modelar sistemas donde las señales no son lineales y donde los límites de las diferentes categorías no son tan claros. En cambio, la técnica de reflexión y transmisión es más idóneo en sistemas lineales.

Referencias

- Arteaga, S. (11 de septiembre de 2015). *Un escáner para ver la composición de la comida con el móvil*. Recuperado de: <http://computerhoy.com/noticias/hardware/escaner-ver-composicion-comida-movil-34067>
- Clover, J. (16 de julio de 2015). *Situ Scale Review: This Smart Scale Needs a Smarter App*. Recuperado de: <http://www.macrumors.com/review/situ-smart-scale/>
- Edwards, L. (20 de mayo de 2015). *Calorie counting just got easy, Situ smart scale even tracks vitamin intake - Pocket-lint*. Recuperado de: <http://www.pocket-lint.com/news/133968-calorie-counting-just-got-easy-situ-smart-scale-even-tracks-vitamin-intake>
- Gonzálveza, A., Garriguesa, S., Armentab, S. y de la Guardia, M. (2011). Determination at low ppm levels of dithiocarbamate residues in foodstuff by vapour phase-liquid phase microextraction-infrared spectroscopy. *Analytica Chimica Acta*, 688(2), 191-196.
- Hipertextual. (2014). *¿Qué es y cómo funciona el internet de las cosas?* Recuperado de: <https://hipertextual.com/archivo/2014/10/internet-cosas/>
- Internetdelascosasblog.com. (2014). *Internet de las cosas en la cocina la vida más fácil*. Recuperado de: <http://internetdelascosasblog.com/internet-de-las-cosas-en-la-cocina/>
- Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima). (2011). *Resolución 333*. Bogotá: Ministerio de Protección Social, Invima.
- Jang, J.-S. R., Sun, C.-T. y Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Manco, O. y Medina, S. (2007). Design of a fuzzy expert system: Credit risk assessment of stock brokerage firms in granting financial resources. *Estudios gerenciales*, 23(104), 101-129.

- Matworks. (2016). *Matlab*. Recuperado de: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>
- Mayta, R. (2002). Algoritmo evolutivo para el problema de árbol de expansión mínima (MST). *Industrial Data*, 5(2), 64-67.
- Mendoza, S. (1 de mayo de 2014). *Un mini escáner permite conocer los compuestos de cualquier material*. Recuperado de: <http://www.abc.es/tecnologia/noticias/20140501/abci-miniescanner-compuestos-material-201404301912.html>
- Mitre, H., Ortega, E. y Lemus, C. (2014). Estimación y control de costos en métodos ágiles para desarrollo de software: un caso de estudio. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 15(3), 403-418.
- Morales, S. y Peñaranda, J. (9 de junio de 2017). *Implementación del sistema informático para el control de historias clínicas en la empresa Pedisa-Orto*. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10742>
- Pérez, P. (18 de septiembre de 2015). *Un escáner de bolsillo analiza la composición de comida, bebida o medicamentos*. Recuperado de: http://www.tendencias21.net/Un-escaner-de-bolsillo-analiza-la-composicion-de-comida-bebida-o-medicamentos_a41103.html
- Praefder, E. (07 de abril de 2017). *Countertop smartens up the appliances and wearables you already own*. Recuperado de: <http://www.digitaltrends.com/home/the-countertop-kitchen-scale-makes-other-appliances-smart/>
- Rodríguez, L., Ponce, I. y Espitia, H. (2013). Colocación psicodélica de imágenes digitales mediante lógica difusa. *Ingeniería*, 18(1), 6-23.
- Sakti, I. (2014). *Methodology of fuzzy logic with mamdani fuzzy models applied to the microcontroller*. Information Technology, Computer and Electrical Engineering (Icitacee), 1st International Conference on IEEE (pp. 93-98). Recuperado de: <http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/stamp/stamp.jsp?arnumber=7065721>
- Shaukat, N., Khan B., Arshad C. y Ali, S. (2016). *Takagi-Sugeno Fuzzy logic based speed control of Induction Motor*. Recuperado de: <http://ieeexplore.ieee.org.bdigital.udistrital.edu.co:8080/stamp/stamp.jsp?arnumber=7866767>
- Silva, E. (20 de enero de 2015). *Las primeras grandes nuevas tecnologías aplicadas a gastronomía del 2015 - Marketing Gastronómico*. Recuperado de: <http://marketinggastronomico.com/las-primeras-grandes-nuevas-tecnologias-aplicadas-a-gastronomia-del-2015/>
- Tilley, A. (2015). *El internet de las cosas se mete hasta la cocina*. Recuperado de: <http://www.forbes.com.mx/meld-el-internet-de-las-cosas-se-mete-hasta-la-cocina/>
- Velázquez, F. y Rodríguez, H. (2014). Diseño e instrumentación de una tutoría de asignatura en el programa de Licenciatura en Sistemas de Información Administrativa de la Universidad de Guanajuato. *Revista iberoamericana de educación superior*, 5(14), 41-54.





Recubrimiento comestible natural con base en *Aloe vera* como estrategia de conservación de *Psidium guajava*

Natural edible coating based on *Aloe vera* as a conservation strategy of *Psidium guajava*

Revestimento comestível natural à base de *Aloe vera* como uma estratégia de conservação de *Psidium guajava*

George Adalberto García-Mera¹

Carlos Alfredo Salas-Macías²

Heydi Gwendoline Canales-Torres³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: García-Mera, G.A., Salas-Macías, C.A., y Canales-Torres, H.G. (2017). Recubrimiento comestible natural con base en *Aloe vera* como estrategia de conservación de *Psidium guajava*. *Revista Científica*, 30 (3), 224-236. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.11790>

Resumen

La industria alimenticia a nivel mundial se encuentra en la necesidad de desarrollar nuevas estrategias tecnológicas y cambios para el favorecimiento de la preservación de las frutas. En este contexto, los recubrimientos han representado grandes beneficios para la industria y para el consumidor. La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar el efecto de la aplicación de un recubrimiento natural utilizando como insumo principal el *Aloe vera* en guayaba, que por su naturaleza climática tiende a alcanzar la senescencia muy rápidamente en los procesos postcosecha, perdiendo calidad en muy corto tiempo. A fin de lograr el objetivo planteado se determinaron siete tratamientos para la evaluación de tres dosis de *Aloe vera* (10%, 20% y 30%) mezclados con dos dosis de glicerol (1.5% y 2.5%). Como variables respuesta se consideraron: la

pérdida de peso (porcentaje de pérdida con respecto al peso de fruta fresca), el pH de las frutas, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y la presencia de microorganismos por medio del total de unidades formadoras de colonias (UFC). El mejor tratamiento fue el T5, ya que contaba con los mejores valores en cada una de las variables analizadas. Dicho tratamiento estuvo compuesto por 30% de *Aloe vera* y 1.5% de glicerol. Luego de la evaluación se concluye que el recubrimiento aplicado en guayaba con base en *Aloe vera* y glicerol logra retardar el tiempo de maduración en la guayaba conservándola y logrando mantener a la fruta en buen estado conforme al paso del tiempo, sin perder sus características organolépticas.

Palabras clave: industria alimentaria, tecnología alimentaria, procesamiento de alimentos, maduración, películas comestibles.

¹. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Laica "Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador. Contacto: georgarcia@uleam.edu.ec

². Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. Km 15 vía a Lodana, Santa Ana. Ecuador. Contacto: csalas@utm.edu.ec

³. Umbrella EcoConsulting S.A.C. Perú. Contacto: hcanales@ue.com.pe

Abstract

Global food industry encounters the need for new strategies and technological changes that favor the preservation of fruits. In this sense, coatings have shown great benefits for the industry and consumers. This research has as main objective to evaluate the effect of the application of a natural coating using as a main ingredient Aloe vera in guava, which by its climacteric nature tends to reach senescence quickly in the post-harvest processes, losing quality in very short time. In order to achieve the stated objective, seven treatments to evaluate three doses of *Aloe vera* (10%, 20% and 30%) mixed with two doses of glycerol (1.5% and 2.5%) were determined. The response variables were: weight loss (loss percentage relative to the weight of fresh fruit), pH of the fruits, total soluble solids (TSS), titratable acidity, presence pathogens defined by total colony forming units (CFU). The best treatment was T5, due to it had the best values in each of the variables analyzed. Such treatment consisted of 30% Aloe vera and 1.5% glycerol. The evaluation concludes that the coating based on Aloe vera and glycerin applied to guava, is able to reduce maturation and managing guava fruit to keep in good condition according to the passage of time.

Keywords: Food industry, food technology, food processing, maturation, edible films.

Resumo

A indústria global de alimentos atende a necessidade de novas estratégias e mudanças tecnológicas que favoreçam a preservação de frutas. Neste contexto, os revestimentos têm mostrado grandes benefícios para a indústria e para os consumidores. Esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar o efeito da aplicação de um revestimento natural, utilizando como principal ingrediente Aloe vera em goiaba, que por sua natureza climacterica tende a alcançar a senescência rapidamente nos processos de pós-colheita, perdendo qualidade em pouco tempo. A fim de atingir os objetivos declarados, foram determinados sete tratamentos para avaliar três doses de *Aloe vera* (10%, 20% e 30%) misturados com duas doses de glicerol (1.5% e 2.5%). Como variáveis de resposta foram consideradas: perda de peso (perda percentual em relação ao peso de frutas frescas), o pH

dos frutos, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável, presença de patógenos definido pelo total de unidades formadoras de colônias (UFC). O melhor tratamento foi o T5, uma vez que tinha os melhores valores em cada uma das variáveis analisadas. Tal tratamento consistiu em 30% de Aloe vera e 1.5% de glicerol. A avaliação concluiu que o revestimento aplicado a goiaba, à base de Aloe vera e glicerina consegue diminuir o tempo de maturação em goiaba, mantendo a fruta em boas condições de acordo com a passagem de tempo sem perder suas características organolépticas.

Palavras-chaves: indústria de alimentos, tecnologia de alimentos, processamento de alimentos, maturação, filmes comestíveis.

Introducción

De manera tradicional, según el patrón de respiración, se ha determinado que las frutas se clasifican en climatéricas y no climatéricas (Giovannoni, 2001). En la primera, los frutos maduran debido al rápido incremento en la tasa de respiración, misma que generalmente se asocia con una elevada producción de etileno. Una vez iniciada la maduración climaterica la respiración llega un punto denominado máximo climaterico; luego de este punto la velocidad de respiración disminuye hasta el comienzo de la senescencia o muerte del fruto. Por tal motivo, la distribución comercial de un fruto climaterico se debe hacer antes de este máximo, de forma que termine de madurar fuera del árbol, evitando que se produzcan pérdidas de producto por manejo postcosecha (Pech *et al.*, 2008).

El guayabo (*Psidium guajava L.*) es uno de los frutales climatéricos tropicales y subtropicales con amplia aceptación a nivel global (Gutiérrez *et al.*, 2008) con un alto valor nutricional, que unido a lo rentable de su cultivo, ha posibilitado que adquiere gran importancia económica en varias regiones del mundo (Sanabria *et al.*, 2005; Vasco *et al.*, 2003, Lima *et al.*, 2002). Su etapa de crecimiento es favorable, ya que puede darse en diversas condiciones climáticas, situación que ha dado paso a

que sea introducida en muchos países (Salazar *et al.*, 2006).

Recientemente, su producción comercial se ha difundido a diversas regiones y países, destacándose, entre otros: Estados Unidos, Australia, Filipinas, India, Sudáfrica, Venezuela, Brasil, Egipto, Tailandia e Indonesia (Aserca, 1996). En el Ecuador, se mencionan como las zonas de mayor producción a Santa Clara, Mera, Pastaza y Baños, ubicadas en las provincias de Pastaza y Tungurahua respectivamente.

Es un cultivo que tiene amplias perspectivas, ya que su uso y aprovechamiento puede incluir no solo el consumo como fruta fresca, sino también en diversos productos obtenidos mediante su transformación (jaleas, conservas, pastas, ates, bebidas enlatadas, etc.); por ello, el aumento de su producción presenta una oportunidad de diversificar su consumo (Yam Tzec *et al.*, 2010). Otro factor de importancia, brevemente mencionado anteriormente, es su contenido nutricional, ya que contiene altas cantidades de ácido ascórbico, fósforo, calcio, hierro, tiamina, niacina y riboflavina (Jagtian, 2012).

Durante su ciclo de vida, la guayaba sufre muchos cambios en su composición. Estos son de relativa importancia para comprender los procesos metabólicos relacionados con el desarrollo, maduración y senescencia, desarrollo de óptimas cualidades sensoriales y aparición de síntomas relacionados con los fenómenos de pardeamiento o ablandamiento enzimático. Muchos de los cambios mencionados siguen su proceso una vez que los frutos son cosechados, dado que la actividad metabólica continúa variando de acuerdo al avance de la maduración (Bashir y Abu-Goukh, 2003), con la cual se relacionan directamente. Este hecho se debe a que los tejidos continúan respirando y los azúcares, entre otros componentes, sufren modificaciones que culminan en la producción de CO₂ y H₂O (Gutiérrez *et al.*, 2008).

Dentro de los fenómenos que se presentan durante la maduración y senescencia se podía citar la respiración, endulzamiento, cambio en la textura y

aroma, producción de compuestos volátiles, cambios en la coloración, disminución del valor nutritivo, entre otros. Fenómenos que varían según la especie y estado de madurez del mismo, no obstante, se ha llegado a comprobar que también se producen diferenciaciones dentro de la misma variedad (Bashir y Abu-Goukh, 2003). Dichos fenómenos producen en la fruta pérdidas de peso y deterioro desmejorando su apariencia y calidad (Saenz *et al.*, 1991), hecho que se observa con mayor frecuencia en la cadena de comercialización y aumenta debido al manejo inadecuado que recibe el producto (Martínez *et al.*, 2005).

Por lo expuesto, es comprensible esperar una afectación directa en la demanda del producto y las preferencias del consumidor. Por ello, que se presenta la necesidad de buscar alternativas que permitan aumentar el tiempo y calidad de preservación de los frutos por medio de sistemas de empaque que consideren la actividad respiratoria postcosecha (De la Cruz *et al.*, 1998). Dentro de este campo se encuentran los recubrimientos, los cuales disminuyen parcialmente el proceso respiratorio y retardan la fase de maduración, sin afectar las características organolépticas y propiedades nutricionales, presentando así grandes beneficios para la industria de alimentos y para el consumidor (Bastioli, 2001).

Este método de conservación, además de actuar como un sistema de empaque durante el almacenamiento, retarda el deterioro, realza atributos de calidad y puede actuar frente a los microorganismos cuando se incorporan compuestos antimicrobianos que impiden su crecimiento y desarrollo (Petersen *et al.*, 1999). De igual manera, permiten la incorporación de antioxidantes, sales de calcio o ingredientes funcionales como minerales y vitaminas (Oms-Oliu *et al.*, 2010), o el empleo de biopolímeros y algunas proteínas de fuentes naturales (Famá *et al.*, 2007; Cuq *et al.*, 1998) disponibles en el mercado y que son ampliamente utilizados para mejorar la calidad.

En adición a lo expuesto, esta técnica de almacenamiento ayuda a modificar la composición

de gases que rodean la fruta, elevando la concentración de CO_2 y disminuyendo el O_2 disponible para la respiración, permitiendo un intercambio gaseoso controlado (Sundaresan y Ludescher, 2008). Esto con la finalidad de disminuir la velocidad metabólica y humedad (Ramírez *et al.*, 2013), creando condiciones adecuadas para el almacenamiento amplio al producto (Sarroca y Torres, 2006; Kader *et al.*, 1989; Mannapperuma *et al.*, 1989; Hintlian y Hotchkiss, 1986).

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar los efectos de la aplicación de un recubrimiento natural utilizando como insumo principal el *Aloe vera* en frutas de guayaba, que por su naturaleza climatérica tiende a alcanzar la senescencia muy rápidamente en los procesos postcosecha, perdiendo calidad en muy corto tiempo. De igual manera,

la investigación trata de aportar nuevos conocimientos sobre técnicas de conservación de frutas con el fin de que la industria alimenticia pueda brindar inocuidad, calidad, conservación de sus características organolépticas y a la vez minimizar las pérdidas económicas en la comercialización de las mismas.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en los laboratorios de procesos y en el de microbiología de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, de la Ciudad de Manta, Ecuador.

Los procesos metodológicos utilizados para la presente investigación (figura 1) se detallan en el diagrama siguiente:

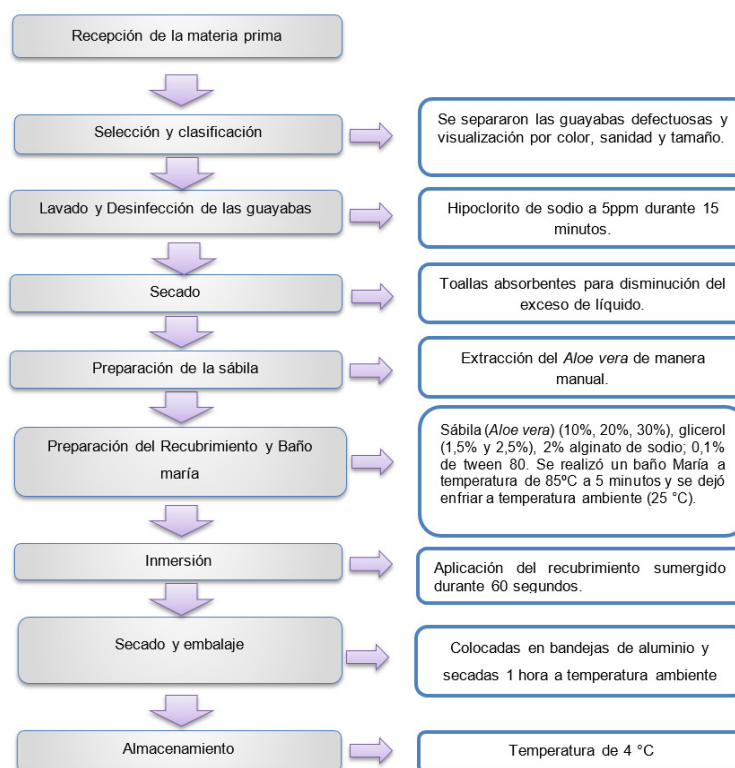


Figura 16. Diagrama de proceso metodológico para determinar los efectos de un recubrimiento comestible natural con base en sábila (*Aloe vera*) como estrategia de conservación de la guayaba (*Psidium guajava* L.).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Tratamientos para determinar el efecto de un recubrimiento comestible natural con base en sábila (Aloe vera) como estrategia de conservación de la guayaba (Psidium guajava L.)

Tratamientos	Código	Factores en estudio	
		% Solución de sábila (Aloe vera)	% Glicerol
1	A1B1	10%	1.5%
2	A1B2	10%	2.5%
3	A2B1	20%	1.5%
4	A2B2	20%	2.5%
5	A3B1	30%	1.5%
6	A3B2	30%	2.5%
7	Testigo	0%	0%

Fuente: elaboración propia.

Las variables respuesta para determinar el efecto del recubrimiento sobre las guayabas, fueron:

- **Pérdida de peso.** Se llevó a cabo un seguimiento de la pérdida del peso del fruto en cada uno de los tratamientos durante su almacenamiento (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días) con una balanza digital a temperatura ambiente (25 °C). Los resultados se expresaron como porcentaje de peso perdido basado en el peso inicial y final del fruto, considerando como pérdida de peso durante cada periodo de almacenamiento con base a peso fresco del fruto.
- **Ph.** Se determinó a través de un potenciómetro portátil tomando 10 gr de muestra en un vaso de precipitación de 50 ml. La muestra fue filtrada utilizando una gaza a manera de tamiz y el resultado se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Posteriormente, se introdujo el electrodo del potenciómetro en la muestra hasta aparézcala aparición de la lectura en la pantalla del potenciómetro. Se tomaron tres lecturas para cada tratamiento, para luego calcular un promedio de cada uno de ellos.
- **Sólidos solubles totales.** Se evaluaron tres frutos de cada tratamiento durante los días de

muestreo (0, 3, 6, 9, 12 y 15 días). Las muestras se molieron en un procesador durante tres minutos. El contenido de sólidos solubles totales (SST) de la muestra se evaluó empleando un refractómetro. Una gota de la muestra fue colocada en el prisma del refractómetro de manera directa tomando tres muestras de cada tratamiento. El contenido de SST se expresó como porcentaje de la escala °Brix.

- **Acidez titulable.** Para la determinación de la acidez titulable se tomaron 10 ml de muestra y se le adicionó 20 ml de agua destilada para diluir. Posteriormente se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH 0.01N) a pH de 8.3 utilizando como indicador la fenolftaleína; este procedimiento se realizó por triplicado para cada tratamiento por día de muestreo. La determinación de ácido cítrico se utilizó la ecuación

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{Alícuota valorada}} \times 100$$

Dónde:

V = volumen de NaOH gastados (ml).

N = normalidad del NaOH.

Meq = miliequivalente del ácido que se encuentra en mayor proporción de la muestra (0.064 para ácido cítrico).

Alícuota valorada = peso en gr, o volumen de muestra en ml.

- **Presencia de mohos y levaduras.** Se llevó a cabo un análisis microbiológico para determinar la presencia de unidades formadoras de colonias (UFC) en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (Uleam).

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial (A*B), con tres repeticiones para completar 21 unidades experimentales. El análisis estadístico se realizó con el software Infostat. De igual manera, se realizaron comparaciones de medias de tukey al 5%.

Resultados y discusión

Pérdida de peso

La tabla 2 presenta los resultados para la variable respuesta pérdida de peso. El análisis de varianza demuestra diferencias significativas entre los tratamientos en estudio evidenciándose la influencia de la sábila (*Aloe vera*) y el glicerol en la pérdida de peso. De igual manera, Ni *et al.* (2004) mencionan que el *Aloe vera*, siendo su composición básicamente polisacáridos, fue efectivo frente a la pérdida de humedad sin incorporación lipídica, al igual que con otros recubrimientos comestibles (Perez-Gago *et al.*, 2005).

En cuanto al test de Tukey al ($p < 0.05$) para la pérdida de peso, se determinó que el tratamiento con mayor pérdida fue T7 o testigo, llegando a tener hasta un 6.83% de pérdida en producto no recubierto, promediando un 4.38%, situación similar a resultados presentados por Castellano *et al.* (2005) y Tomás *et al.* (2005) en frutos sin recubiertas, diferenciándose con tratamientos recubiertos, debido a que se logró aminorar la transpiración. Las menores pérdidas se dieron en el tratamiento T5 que tuvo hasta un 2.13% en pérdidas promediando un 1.86%. Este hecho

demuestra que la mayor concentración de sábila (*Aloe vera*) y menor concentración de glicerol influyen disminuyendo la pérdida de agua en la fruta, logrando aminorar las pérdidas de peso en las guayabas.

Por lo expuesto, estas pérdidas de peso en el fruto se deben a que posiblemente al intercambio de gases durante el proceso de respiración y transpiración que disminuyen el contenido de agua (Gómez *et al.*, 2002) que, de manera general en frutas, se establece un máximo permisible de aproximadamente un 5% (Cisternas, 1996) y por encima del 10% para el deterioro de las mismas (Espinoza, 2015). Con respecto a este punto, es necesario indicar que uno de los principales propósitos de la aplicación de un recubrimiento sobre la superficie de la guayaba es precisamente retardar la migración de humedad y la pérdida de compuestos volátiles.

La figura 2 presenta la pérdida de peso en cada uno de los tratamientos, considerando el tiempo de almacenamiento. Resultados similares se han encontrado en numerosas investigaciones (Achipiz *et al.*, 2013; Zebadúa *et al.*, 2005; Quila, 2003; Possel, 1992), donde se determina que la pérdida de peso se incrementa en la medida en que se incrementa el tiempo de almacenamiento.

Tabla 2. Pérdida de peso (%) promedio de las muestras.

Tratamientos	Días						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
T1 (A1B1)	0	2.01	2.38	3.25	3.76	4.06	3.09
T2 (A1B2)	0	2.24	2.51	3.30	3.55	4.24	3.17
T3 (A2B1)	0	1.93	2.21	2.47	2.97	3.20	2.56
T4 (A2B2)	0	2.23	2.48	2.91	3.08	3.67	2.87
T5 (A3B1)	0	1.52	1.72	1.92	1.99	2.13	1.86
T6 (A3B2)	0	1.95	2.02	2.52	2.68	2.97	2.43
T7 (Testigo)	0	2.93	3.02	4.09	5.37	6.52	4.38

Fuente: elaboración propia.

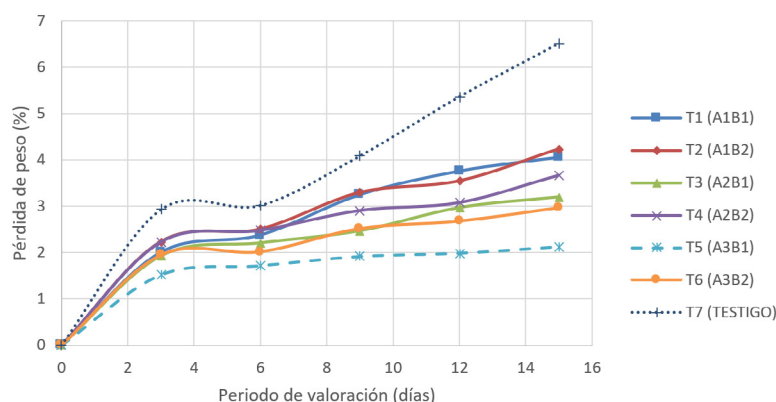


Figura 2. Pérdidas de peso (%) de frutos de guayaba durante el periodo de evaluación.

Fuente: elaboración propia.

Ph

Las variaciones de pH son diferentes entre las especies. No obstante, se ha demostrado que existen diferencias en la misma especie debido a factores como la madurez, condiciones agronómicas y operaciones postcosecha a las que han sido sometidas. La tabla 3 presenta los valores de pH obtenidos durante la evaluación de los tratamientos en estudio y demuestra un aumento progresivo de este parámetro con respecto al tiempo de almacenamiento. El análisis de varianza presenta diferencias significativa entre los tratamientos donde la influencia del glicerol en las recubiertas mantuvo valores menores que en las no recubiertas (T7).

El test de comparación de medias de Tukey presentó diferencias entre los tratamientos motivo de estudio ($p < 0,05$). Siendo T7 el tratamiento con mayores valores registrados, llegando hasta un máximo de 4.27 comparados con los tratamientos con

recubrimiento, los cuales mantenían pH relativamente bajos. El menor pH se encontró en el T5 con valores máximos de 3.83 al inicio del periodo de evaluación y un promedio de 3.77, siendo el mejor tratamiento por su eficiencia para mantener el pH bajo. Al respecto, se debe indicar que el pH durante el almacenamiento demuestra la senescencia del fruto.

Sólidos solubles totales de las guayabas

Los sólidos solubles totales o °Brix son aquellos que representan el porcentaje de sacarosa que hay en el jugo de la fruta, parámetro que indica la madurez de los frutos pues la cantidad normalmente se incrementa en el periodo o tiempo de almacenamiento (Novoa *et al.*, 2006; Incotec, 1999). De esta manera, se encontró que durante los días de almacenamiento los mayores porcentajes se presentaron en el tratamiento no recubierto (tabla 4).

Tabla 3. Valores de pH en las guayabas muestreadas.

Tratamientos	Días						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
T1 (A1B1)	3.80	3.93	3.89	3.85	3.97	3.96	3.90
T2 (A1B2)	3.65	3.91	3.90	3.98	4.08	3.99	3.92
T3 (A2B1)	3.88	3.88	3.83	3.79	3.98	3.95	3.89
T4 (A2B2)	3.85	3.82	3.82	3.86	3.84	3.89	3.85
T5 (A3B1)	3.83	3.72	3.75	3.74	3.77	3.81	3.77
T6 (A3B2)	3.77	3.81	3.74	3.80	3.87	3.92	3.82
T7 (Testigo)	3.87	4.00	3.94	4.10	4.26	4.27	4.07

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Sólidos solubles totales promedio (%) de las guayabas muestreadas.

Tratamientos	Días						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
T1 (A1B1)	7.50	7.67	8.17	8.33	9.00	9.27	8.32
T2 (A1B2)	8.27	7.67	8.17	8.33	8.57	9.33	8.39
T3 (A2B1)	7.67	7.83	7.93	8.00	8.17	8.50	8.02
T4 (A2B2)	8.33	7.60	7.83	9.00	9.17	9.40	8.56
T5 (A3B1)	7.70	6.77	7.27	7.50	7.77	7.70	7.45
T6 (A3B2)	7.67	7.17	7.33	8.20	8.53	8.67	7.93
T7 (Testigo)	8.67	8.77	8.83	9.10	9.67	9.93	9.16

Fuente: elaboración propia.

Dichos valores aumentaron de manera constante a medida que aumentó el tiempo almacenamiento; pero más en T7, el cual llegó a tener valores de hasta 9.93 promediando 9.16 durante todo el periodo de evaluación; a diferencia de los tratamientos con recubrimiento cuyos valores promedio estuvieron en el rango de 7.45 y 8.56. El menor valor promedio se presentó en el T5 (7.45), resultados similares a los obtenidos por Saradhulhat y Paull (2007).

En análisis de varianza muestra diferencia significativa para los tratamientos en estudio, demostrando la influencia del recubrimiento en los °Brix, teniéndose que las mayores cantidades se observan en el testigo. El test de Tukey ($p < 0.05$) presenta como mejor tratamiento al T5 (7.45). La figura 3 presenta los sólidos solubles observándose a T7 con mayores valores y T5 con los menores, favoreciendo en el proceso de madurez.

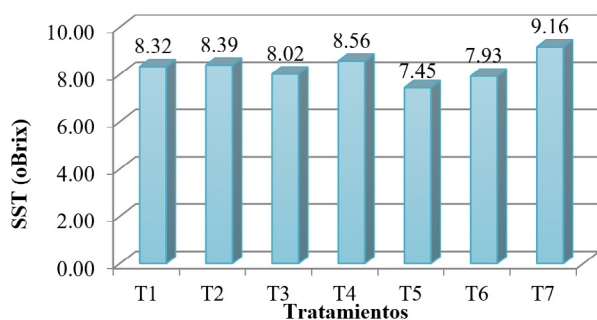


Figura 3. Sólidos solubles totales en frutos de guayaba durante el periodo de evaluación.

Fuente: elaboración propia.

Acidez titulable

Este parámetro debe su variación a la degradación de los ácidos orgánicos en el ciclo de Krebs en los primeros estados de la maduración, cuando la concentración de azúcares es baja y ocasiona la desaparición del sabor ácido del fruto (Saradhulhat y Paull, 2007). La tabla 5 presenta las mediciones de acidez titulable en cada tratamiento y días de evaluación, así como también los promedios alcanzados. Conforme a estos, es posible observar que la acidez titulable baja con el tiempo de almacenamiento. Es importante indicar que este parámetro mantiene una correlación negativa con los sólidos solubles totales.

En el mismo contexto, se apreció que en el tratamiento sin recubrimiento (T7) el ácido cítrico llegó a disminuir hasta un valor promedio de 0.30, comparado con los tratamientos con recubrimiento que se mantuvieron muy por encima de este; lo cual concuerda con investigaciones como la de Espinoza (2015) en recubrimiento sobre la calidad postcosecha de guayaba.

El análisis de varianza para la acidez titulable demuestra diferencias entre los tratamientos en estudio. Por otro lado, el test de Tukey al 0.05% selecciona a T5 como mejores tratamientos, ya que mantiene valores de 0.46 y T6 con igual concentración de *Aloe vera* con un 0.43%. De la misma manera, se encuentra al tratamiento sin recubrimiento (T7) con el menor valor promedio durante

el almacenamiento, lo cual indicaría que el proceso de senescencia se está desarrollando, tal como mencionan Saradhuldhath y Paull (2007) sobre la baja concentración de azúcares y desaparición del ácido en la guayaba. Al respecto, la figura 4 se muestran los valores de cada tratamiento durante cada una de las evaluaciones durante el periodo de almacenamiento.

Análisis microbiológico

La actividad microbiológica es una de las principales causas del deterioro de los alimentos, lo cual conlleva a la pérdida de calidad de los mismos. En este sentido, se cuenta con la premisa de que a medida que el fruto madura, se produce un aumento

progresivo de la presencia de microorganismos, sobre todo mohos y levaduras (Fleet, 1999). Debido a ello, existe un creciente interés en el uso de compuestos antibacterianos naturales como medio de conservación de alimentos (Acosta, 2014).

La tabla 6 muestra el conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) luego del análisis microbiológico realizado a las guayabas (figura 5). Se puede observar lo expuesto concerniente al aumento de microorganismos en la medida en que avanza la maduración. Así mismo, se determinó también que T7 posee los valores más altos de este parámetro (4.63 UFC/mL). Por otro lado, con menor valor promedio (3.05 UFC/mL) se encuentra T5. Los resultados concuerdan con lo establecido por Appendini y Hotchkiss (2002), quienes

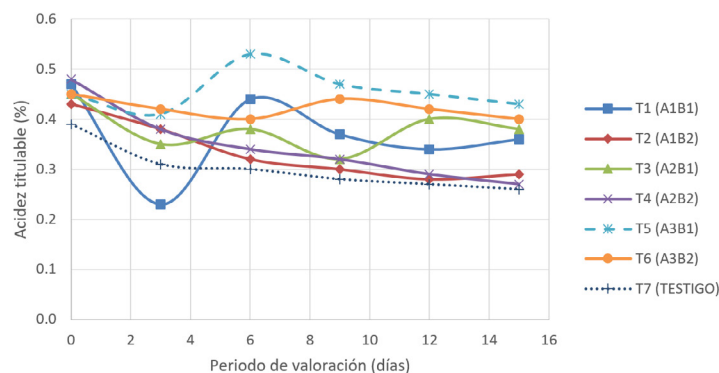


Figura 4. Acidez titulable en frutos de guayaba durante el periodo de evaluación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Acidez titulable en las guayabas muestreadas.

Tratamientos	Días						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
T1 (A1B1)	0.47	0.23	0.44	0.37	0.34	0.36	0.37
T2 (A1B2)	0.43	0.38	0.32	0.30	0.28	0.29	0.33
T3 (A2B1)	0.45	0.35	0.38	0.32	0.40	0.38	0.38
T4 (A2B2)	0.48	0.38	0.34	0.32	0.29	0.27	0.35
T5 (A3B1)	0.45	0.41	0.53	0.47	0.45	0.43	0.46
T6 (A3B2)	0.45	0.42	0.40	0.44	0.42	0.40	0.42
T7 (Testigo)	0.39	0.31	0.30	0.28	0.27	0.26	0.30

Fuente: elaboración propia.

mencionan que los recubrimientos, además de actuar como barrera de gases, pueden servir para mejorar la seguridad de los alimentos mediante la inhibición en el crecimiento de microorganismo, dándole paso al concepto de envasado inteligente.

En este sentido, otras investigaciones referentes al recubrimiento en zanahorias (Durango et al., 2006), fresas (Mali y Grossmann, 2003) y fram-buesas (Han et al., 2005) demuestran que indudablemente este método es viable en el control del crecimiento microbiano.

Conclusiones

El recubrimiento aplicado en guayaba con base en la sábila (*Aloe vera*) logra retardar el tiempo de

maduración en la guayaba, conservándola y manteniendo a la fruta en buen estado a lo largo del tiempo de almacenamiento. Este recubrimiento logra obtener mejores resultados en cuanto a parámetros como: pérdida de peso, aumento del pH, sólidos solubles, descenso de la acidez y conteo de mohos y levaduras, siendo eficiente para la conservación de la guayaba en comparación con las no recubiertas.

Mediante los monitoreos y análisis realizados, se establece que, en promedio, T5 fue el mejor tratamiento ya que perdió menos peso, mantiene un pH óptimo para la conservación, un bajo contenido de sólidos solubles totales, el mayor contenido de ácido cítrico y menor conteo de unidades formadoras de colonias en el análisis microbiológico.

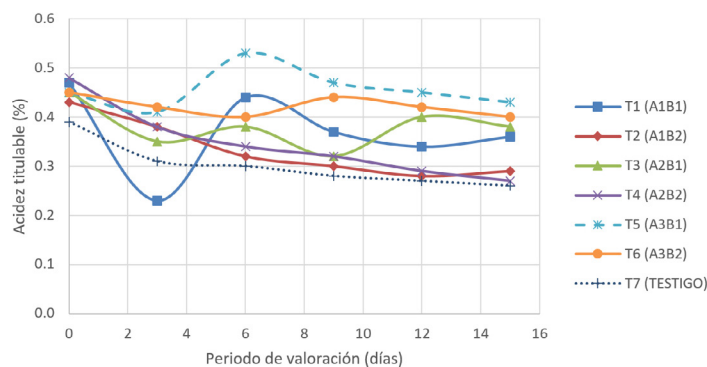


Figura 5. Resultados del análisis microbiológico de frutos de guayaba (UFC).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Presencia de mohos y levaduras (UFC/mL) en las guayabas muestreadas.

Tratamientos	Días						Promedio
	0	3	6	9	12	15	
T1 (A1B1)	2.80	3.00	3.60	3.80	4.00	4.00	3.53
T2 (A1B2)	2.80	3.50	3.80	4.00	4.40	4.50	3.83
T3 (A2B1)	2.80	3.10	3.50	3.90	4.20	4.80	3.72
T4 (A2B2)	2.80	3.30	4.33	4.20	4.50	5.00	4.02
T5 (A3B1)	2.80	2.90	3.10	3.10	3.10	3.30	3.05
T6 (A3B2)	2.80	3.00	3.90	4.00	4.20	4.30	3.70
T7 (Testigo)	2.80	3.50	4.20	4.80	6.00	6.50	4.63

Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, se concluye que las guayabas llegaron a mantenerse hasta los 15 días de almacenamiento e inclusive se podría mantener por unos cinco días más.

Desde el punto de vista organoléptico, durante la realización de los análisis se podía observar que el recubrimiento lograba mantener las características apropiadas retardando que las guayabas maduren, manteniendo color, disminuyendo el aroma, manteniendo la textura, salvo el caso referente al sabor volviéndose un poco menos dulce.

Referencias

- Achipiz, S., Castillo, A. E., Mosquera, S. A., Hoyos, J. L. y Navia, D. P. (2013). Efecto de recubrimiento a base de almidón sobre la maduración de la guayaba (*Psidium guajava*). *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 11, 92-100.
- Acosta, S. (2014). *Propiedades de films de almidón de yuca y gelatina. Incorporación de aceites esenciales con efecto antifúngico* (tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Appendini, P. y Hotchkiss, J. H. (2002). Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(2), 113-126.
- Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (Aserca). (1996). Estudios del mercado mundial de la guayaba. *Revista Claridades Agropecuarias*, 41.
- Bashir, H. A. y Abu-Goukh, A.-B. A. (2003). Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry*, 80(4), 557-563.
- Bastioli, C. (2001). Global status of the production of biobased packaging materials. *Starch-Stärke*, 53(8), 351-355.
- Castellano, G., Quijada, O., Ramírez, R. y Sayago, E. (2005). Comportamiento poscosecha de frutas de guayaba (*Psidium guajava* L.) tratados con cloruro de calcio y agua caliente a dos temperaturas de almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 6(2), 78-82.
- Cisternas, S. (1996). *Uva de mesa (Vitis vinifera L.) cv. Red Globe: alternativas de control de Botrytis cinerea Pers. en postcosecha* (tesis de maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Cuq, B., Gontard, N. y Guilbert, S. (1998). Proteins as agricultural polymers for packaging production. *Cereal Chemistry*, 75(1), 1-9.
- De la Cruz, G., Polo, M., Peniche, R. y Cárdenas, M. (1998). Efecto de la temperatura, humedad, relativa y tipo de recubrimiento sobre la reparación de la guayaba. *CYTA-Journal of Food*, 2(2), 54-59.
- Durango, A. M., Soares, N. F. F. y Andrade, N. J. (2006). Microbiological evaluation of an edible antimicrobial coating on minimally processed carrots. *Food Control*, 17(5), 336-341.
- Espinoza, N. (2015). *Efecto de un recubrimiento comestible funcional a base de Goma Guar sobre la calidad poscosecha de guayaba* (tesis). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista Saltillo, Coahuila, México.
- Famá, L., Goyanes, S. y Gerschenson, L. (2007). Influence of storage time at room temperature on the physicochemical properties of cassava starch films. *Carbohydrate Polymers*, 70(3), 265-273.
- Fleet, G. H. (1999). Microorganisms in food ecosystems. *International Journal of Food Microbiology*, 50(1), 101-117.
- Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Biology*, 52(1), 725-749.
- Gómez, S., Jurado, G. y Arcila Pulgarín, M. (2002). Comportamiento físico, químico y organoléptico de frutos de plátano dominico-hartón sometidos a diferentes sistemas de almacenamiento y tipos de empaques en el Quindío. Memorias XV Reunión Internacional ACORBAT. Cartagena de Indias, Colombia. 517-522 p.

- Gutiérrez, R., Pérez, M., Mitchell, S. y Vargas, R. (2008). Psidium guajava: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 117(1), 1-27.
- Han, C., Lederer, C., McDaniel, M. y Zhao, Y. (2005). Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings. *Journal of Food Science*, 70(3), S172-S178.
- Hintlian, C. B. y Hotchkiss, J. H. (1986). The safety of modified atmosphere packaging: a review. *Food Technology*, 40, 70-75.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Incotec). (1999). *Frutas frescas. Uchuva. Especificaciones. Norma Técnica Colombiana NTC 4580*. Bogotá, Colombia: Incotec.
- Jagtian, J., Chan, H. y Sakai, W. (2012). *Food Science and Technology. A series of Monographs. Tropical fruit processing*. Academic Press, Inc. San Diego, California. 184 p.
- Kader, A. A., Zagory, D., Kerbel, E. L. y Wang, C. Y. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(1), 1-30.
- Lima, M., Coêlho De Assis, J. y Gonzaga, L. (2002). Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na região do submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1), 273-276.
- Mali, S. y Grossmann, M. (2003). Effects of yam starch films on storability and quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(24), 7005-7011.
- Mannapperuma, J., Zagory, D., Singh, R. y Kader, A. (1989). *Design of polymeric packages for modified atmosphere storage of fresh produce*. 5th International Controlled Atmosphere Research Conference.
- Martínez, G., Augusto, J., Ramírez, M., De la Rosa, L. y Pozo, O. (2005). Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. *Rev. Fitotec. Mex*, 28(4), 327-332.
- Ni, Y., Turner, D., Yates, K. M. y Tizard, I. (2004). Isolation and characterization of structural components of Aloe vera L. leaf pulp. *International Immunopharmacology*, 4(14), 1745-1755.
- Novoa, R., Bojacá, M., Galvis, J. y Fischer, G. (2006). La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva, almacenada a 12 C (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía colombiana*, 24(1), 77-86.
- Oms-Oliu, G. et al. (2010). Recent approaches using chemical treatments to preserve quality of fresh-cut fruit: A review. *Postharvest Biology and Technology*, 57(3), 139-148.
- Pech, J.-C., Bouzayen, M. y Latché, A. (2008). Climacteric fruit ripening: ethylene-dependent and independent regulation of ripening pathways in melon fruit. *Plant Science*, 175(1), 114-120.
- Perez-Gago, M., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M. y Del Río, M. A. (2005). Effect of whey protein-and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 36(1), 77-85.
- Petersen, K., Nielsen, P. V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H. y Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 10(2), 52-68.
- Possel, R. (1992). *Tipos de embalaje y aplicación de difenilamina en la conservación de frutos de níspero Eriobotrya japonica Lindl.*, cv. "Golden Nugget" (memoria de título). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Quila, F. (2003). Efecto de tres temperaturas y tres períodos de almacenaje sobre el comportamiento en postcosecha de frutos de Níspero (*Eriobotrya japonica*, Lindl) cv. Golden Nugget. Taller Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Quillota, Chile.

- Ramírez, J., Aristizábal, T. y Restrepo, J. (2013). Conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucilago de sábila. *Vitae*, 20(3), 172-183.
- Saenz, M. V, Barquero, C. y Calvo, G. (1991). Efecto del empaque y la temperatura de almacenamiento sobre la vida poscosecha y la calidad de maracuya (*Passiflora edulis var. flavicarpa*). *Agronomía Costarricense*, 15, 79-83.
- Salazar, D. M., Melgarejo, P., Martínez, R., Martínez, J. J., Hernández, F. y Burguera, M. (2006). Phenological stages of the guava tree (*Psidium guajava* L.). *Scientia Horticulturae*, 108(2), 157-161.
- Sanabria, H. L., García, M. A., Díaz, H. A. y Muñoz, J. E. (2005). Caracterización morfológica en árboles nativos de guayaba en el Valle del Cauca. *Acta Agronómica*, 54(4), 1.
- Saradhulhat, P. y Paull, R. E. (2007). Pineapple organic acid metabolism and accumulation during fruit development. *Scientia Horticulturae*, 112(3), 297-303.
- Sarroca, R. y Torres, M. (2006). *Manipulación y almacenamiento de alimentos*. Cuba: Centro de Investigación y Desarrollo del Comercio Interior y Sociedad Cubana de Logística y Marketing.
- Sundaresan, K. V. y Ludescher, R. D. (2008). Molecular mobility and oxygen permeability in amorphous β -lactoglobulin films. *Food Hydrocolloids*, 22(3), 403-413.
- Tomás, S. A., Bosquez-Molina, E., Stolik, S. y Sánchez, F. (2005). Effects of mesquite gum-candelilla wax based edible coatings on the quality of guava fruit (*Psidium guajava* L.). *Journal de Physique IV*, 125, 889-892. Doi: 10.1051/jp4:2005125206
- Vasco, N., Padilla, J. y Toro, J. (2003). *Composición nutrimental de la guayaba y sus semillas*. Primer Simposio Internacional de la Guayaba (pp. 116-123).
- Yam Tzec, J., Perea, V., Alberto, C., Romantchik Kriuchkova, E., Soto, M. y Peña, M. A. (2010). Una revisión sobre la importancia del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(4), 74-82.
- Zebadúa, F., Vargas, L., González, S., Tamayo, J., Sauri, E. y Centurión, A. (2005). *Efecto del empaque en bolsas de PBD sobre la calidad y vida útil de la pitahaya (Hylocereus undatus) durante su refrigeración*. V Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos (Cibia V). Jalisco, México:





Control de un convoy robótico mediante planificación de rutas y estrategias de orientación

Control of a robotic convoy through path planning and orientation strategies

Controle robótico de um comboio através planejamento rota e estratégias de orientação

Giovanni Rodrigo Bermúdez-Bohórquez¹
Christian Anderson Mancipe-Bernal²
Joan Emmanuel Ortiz-Velásquez³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Bermúdez-Bohórquez, G. R., Mancipe-Bernal, C. A. y Ortiz-Velásquez, J. E. (2017). Control de un convoy robótico mediante planificación de rutas y estrategias de orientación. *Revista Científica*, 30 (3), 237-251. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12305>

Resumen

Este artículo presenta un estado del arte relacionado con métodos de control implementados en sistemas de convoy robóticos en plataformas móviles que pueden ser utilizados para la planificación de rutas o trayectorias, orientación, percepción de entornos y sistemas de control donde se involucra la medición, análisis e interpretación de diversas variables y su posterior implementación. Se realizó una revisión de artículos de investigación en índices bibliográficos y bases de datos sobre métodos de control aplicados en sistemas de convoy para, de esta forma, evidenciar avances, tendencias y métodos de aplicación.

Palabras clave: algoritmos; convoy; modelamiento; orientación; plataforma; robótica cooperativa.

Abstract

This paper presents an overview about control methods implemented on robotic convoy systems or cooperative systems on mobile platforms which can be used for path planning, orientation, environment perception, route tracking and control systems in which involve the measurement, analysis and interpretation of different variables for further implementation. A review was made of investigation articles on bibliographic indexes and databases about control methods used in convoy systems to evidence progress, trends and application methods.

Keywords: algorithms, convoy, cooperative robotics, modeling, orientation, platform.

¹. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: gbermudez@udistrital.edu.co
². Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: camancipeb@correo.udistrital.edu.co
³. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá-Colombia. Contacto: jeortizv@correo.udistrital.edu.co

Resumo

Este artigo apresenta um estado de métodos relacionados com arte de controlo implementados em sistemas de comboio robótico em plataformas móveis que podem ser utilizados para planeamento de rotas ou caminhos, orientação, percepção de sistemas de controle de meio ambiente e em que a medição está envolvido, análise e interpretação de diversas variáveis e sua posterior implementação. Uma revisão de artigos de pesquisa em índices bibliográficos e bases de datos sobre os métodos de controlo aplicados em sistemas como este comboio para mostrar o progresso, tendências e métodos de aplicação foi realizada.

Palavras-chaves: algoritmos, comboio, modelagem, orientação, plataforma, robótica cooperativo.

Introducción

Los sistemas de robótica cooperativa se han usado durante los últimos 30 años para la resolución de labores que involucran el trabajo en equipo de agentes móviles, siendo uno de los temas más importantes en el área de la robótica y de la automatización industrial (Borenstein y Koren, 1989). El progreso avanzado de sistemas de robótica cooperativa desde la década de 1980 ha sido una interacción de sistemas, teorías que han sido planteadas e implementadas (Cao *et al.*, 1995). Así mismo, dentro del estudio de estos sistemas se han utilizado métodos de control para realizar un análisis en agentes que interactúan con otros para lograr una tarea conjunta. De esta forma, el control cooperativo es uno de los temas que ha recibido mayor atención debido a sus múltiples aplicaciones como, por ejemplo, misiones de rescate, movimiento de objetos y múltiples formaciones (Espinosa *et al.*, 2011). La cooperación en los sistemas de exploración y transporte robótico ha avanzado mediante la parametrización de datos y estrategias en las que se presentan sistemas de concepto multiagente, en los cuales su funcionamiento está constituido por un equipo temporal de robots para ejecutar una tarea asignada (Rodríguez y Reggia, 2005). En el estudio de este tipo

de sistemas es importante considerar el comportamiento a analizar y la funcionalidad que este tenga dentro de un entorno libre o controlado, según sea el caso (Hu y Zeigler, 2004). Las aplicaciones de tipo cooperativo con varios robots se pueden dividir en dos clases: de tipo estricto y de tipo libre (Tar *et al.*, 2007).

Dentro de las aplicaciones de los sistemas de robótica cooperativa se destaca el uso de métodos para el control de vehículos robóticos en forma de convoy, en donde cada vehículo esclavo sigue una ruta dada por el agente (maestro) que le precede a una distancia de separación deseada (Petrov y Parent, 2006). Se pueden, también, encontrar aplicaciones para propósito militar, vehículos HMM-MV, transporte inteligente con vehículos guiados (AGV), en el que se considera al convoy robótico como un caso especial de formación en sistemas multirobóticos (Hung, Vinh y Dung, 2012).

Metodología

Este documento presenta una revisión de artículos relacionados al tema de sistemas cooperativos en aplicaciones de convoy y sistemas multirobot, además de publicaciones relacionadas con la implementación de sistemas cooperativos que utilicen técnicas de seguimiento, planeación controlada de rutas, aplicación en escenarios simulados y reales, evasión de obstáculos y sistemas de control relacionados a la optimización de este tipo de configuraciones.

Planificación de rutas

La planificación de rutas es uno de los temas más importantes para establecer las condiciones de un sistema inteligente de control en sistemas robóticos. Teniendo en cuenta lo complejo de analizar el mundo real (Belkhouche y Jin, 2009), los métodos de planificación han sido ampliamente estudiados pues proporcionan sistemas de rutas óptimos para robots, por medio de algoritmos y modelamiento matemático.

Existen esquemas que incluyen sistemas de triangulación para evitar rutas que puedan bloquear

el camino de un robot, lo que permite determinar puntos medios y mejores opciones para navegación (Shirkhodaie, 2002). Los problemas más frecuentes en grupos de robots que realizan tareas cooperativas son: arquitectura, toma de decisiones, origen de cooperación, aprendizaje y problemas de geometría (Cao *et al.*, 1995). Esto se puede solucionar con algoritmos de seguimiento de objetos basados en el mínimo de ruido y energía de correlación para determinar el camino que tomaría un robot líder en un desplazamiento usando técnicas de lógica difusa, el direccionamiento para controlar los giros y también la distancia relativa (Marapane *et al.*, 1996).

Además, existen métodos de control de ruta, con control adaptativo, que permiten compensar las perturbaciones existentes al utilizar un esquema de control robusto. Estos aspectos pueden mejorar los valores de incertidumbres o variaciones del entorno, o simplemente controlar movimientos de cámara para mejorar la operación del sistema (Chaumette, Rives y Espiau, 1991).

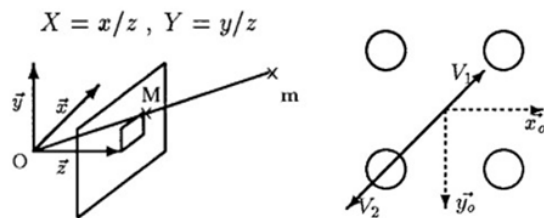


Figura 1. Geometría de planeación de rutas.

Fuente: Chaumette, Rives y Espiau (1991).

Para las simulaciones tridimensionales se aplican leyes de velocidad y desviación de persecución mediante el uso de línea de vista entre vehículos sucesivos que permiten medir la eficiencia de los algoritmos (Wang, Yangy Ding, 2010). Así mismo, se encuentran técnicas utilizadas para el seguimiento de objetos y persecución, las cuales se dividen en un esquema de modelos y de características, en donde la plataforma realiza un desplazamiento de manera continua a partir de modelos propuestos, así como puede operar bajo un modelo que permite evaluar las condiciones o características de desplazamiento preliminares (Belkhouche

y Belkhouche, 2005). Es importante destacar que los primeros algoritmos desarrollados contaban con información precargada en donde el entorno era totalmente conocido así como el recorrido a realizar, basándose en métodos conocidos y efectivos, como distancia de aproximación y los campos de potencial (Brackstone y McDonald, 1999).

En la optimización de estos sistemas se debe garantizar la cercanía de los vehículos así como sus funciones de arranque y paro para fortalecer el esquema ante posibles perturbaciones (Hu y Zeigler, 2004) para lo cual se desarrollan máquinas de estados finitos (FSM) que permiten controlar, orientar y supervisar cada vehículo para el seguimiento de plataformas.

Otro método eficaz de optimización es la implementación de controladores de tipo LQR basados en realimentación de estado secuencial, siendo un modelo propuesto hace 30 años y que aún es utilizado en algunas aplicaciones para el control de plataformas que sigan una secuencia o formación (Hashimoto, Umit y Neil, 2011). Existen a su vez algoritmos que integran la detección de colisión en tiempo real con funciones de navegación lineal. Las estrategias para detectar las colisiones se basan en una versión mejorada de los métodos de barrido de volumen que usan cinemática relativa de los robots en adición de consideraciones geométricas de las rutas (Belkhouche y Jin, 2009).

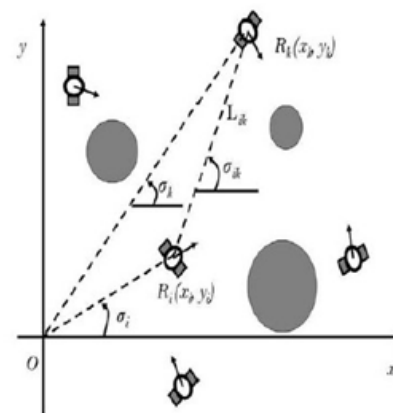


Figura 2. Geometría de navegación de plataformas móviles en un entorno cartesiano.

Fuente: Belkhouche y Jin (2009).

La planeación de rutas en ambientes desconocidas es uno de los temas más destacados, ya que los robots usan diferentes técnicas de navegación, evasión de obstáculos y localización, teniendo en cuenta factores como el tamaño y la velocidad; lo anterior permite medir el desempeño de los algoritmos utilizados (Jacinto, Martínez y Martínez, 2013). Existen además métodos de planeación de rutas servo visuales, los cuales consisten en controlar el movimiento de un robot basándose en características visuales, detección, seguimiento y métodos de visión artificial. Estas estrategias han sido utilizadas para hacer seguimiento en humanos y en cuerpos rígidos, lo que permite la implementación en tiempo real, la reacción ante un cambio abrupto en el movimiento y factores de incertidumbre (Belkhouche y Belkhouche, 2005).

Algunas falencias de estos sistemas se evidencia el procesamiento en tiempo real de datos y el alcance de los sistemas de captura en algoritmos basados en visión artificial (Della Vedova *et al.*, 2009). En este tipo de planificación el robot móvil construye un modelo global basado en su información sensorial. Este enfoque permite garantizar la convergencia global a la meta. Sin embargo, se presentan problemas como la construcción y mantenimiento global del modelo, el cual es intenso y robusto a nivel computacional (Borg *et al.*, 2000). Una de las técnicas implementadas en sistemas de agentes móviles es el de platooning, esta permite la coordinación de vehículos con el objetivo de permitir que cada unidad se mueva cerca al vehículo que lo precede, formando un pelotón (Marapane, *et al.*, 1996). El enfoque de la computación en tiempo real a bordo permite hacer del comportamiento del robot algo predecible, tomando como modelo la formación de líder y vehículos seguidores (Hu, Ganapathy y Zeigler, 2005).

Estrategias de orientación y navegación

Como complemento a la planificación de rutas, es importante determinar las características de un sistema y de los agentes para realizar una navegación óptima dentro de un entorno involucrando factores como la comunicación y cooperación (Rodríguez

y Reggia, 2005); así como métodos basados en colaboración secuencial, sistemas de predicción y configuración por comunicación inalámbrica para la integración de robots en un entorno bajo un esquema de comunicación suficiente para permitir la operación e interacción de agentes (Tar *et al.*, 2007). Así mismo, dentro de algunas estrategias se encuentran la navegación de robot en enjambre o tipo Swarm, permitiendo el control autónomo y la coordinación por medio de la localización de robots con algoritmos de comportamiento bio-inspirados, usando identificación de colores y geometría de localización (Petrov y Parent, 2006).

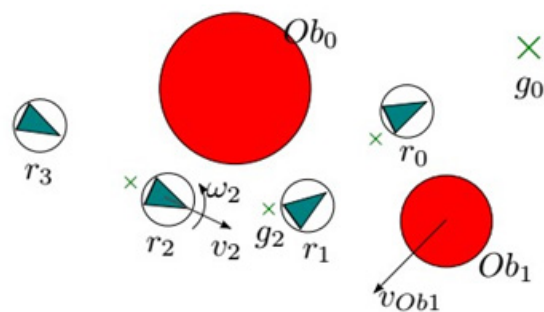


Figura 3. Modelo de control para la navegación del vehículo.

Fuente: Hashimoto, Umit y Neil (2011).

En algunas aplicaciones se utilizan vehículos semiautomáticos capaces de realizar una conducción cooperativa por medio de sistemas de comunicación vehículo a vehículo (V2V) (Sorensen y Ren, 2007). Lo anterior para un sistema de convoy que usa controladores robustos tomando la información de los sensores y el otro vehículo a través de comunicación por medio de una máquina de estados finitos, llamada FSM longitudinal, la cual se combina con una serie de controladores para el control longitudinal del convoy durante el recorrido (Hashimoto, Umit y Neil, 2011). Para la implementación del modelo dinámico del vehículo, modelo dinámico del motor, modelo de transmisión y modelo dinámico de conversión a torque se deben realizar ajustes en los controladores para una mejor respuesta del actuador, tal como se muestra (Figura 4).

Las entradas de este controlador son la velocidad del vehículo, la distancia entre vehículos y la diferencia de velocidad entre estos. Se determina, a su vez, que la referencia de velocidad del convoy sea generada por el vehículo líder; como también que los sensores sean capaces de garantizar la distancia y la velocidad del vehículo seguidor y de implementar de manera simultánea la comunicación V2V (Cook, 2007). Respecto a los problemas que se presentan en la parte de seguimiento, se debe tener en cuenta el diseño

de leyes de control para mantener la velocidad constante o ACC (control de crucero adaptivo), así como leyes que le den autonomía a los vehículos por medio del control de velocidad lineal y angular (Belkhouche, Belkhouche y Rastgoufard, 2004). En estas leyes de control se tienen en cuenta aspectos como velocidad de persecución, desviación y navegación proporcional, así como la implementación de leyes de control en lazo cerrado para hacer un seguimiento y conservando una distancia constante (Figura 5).

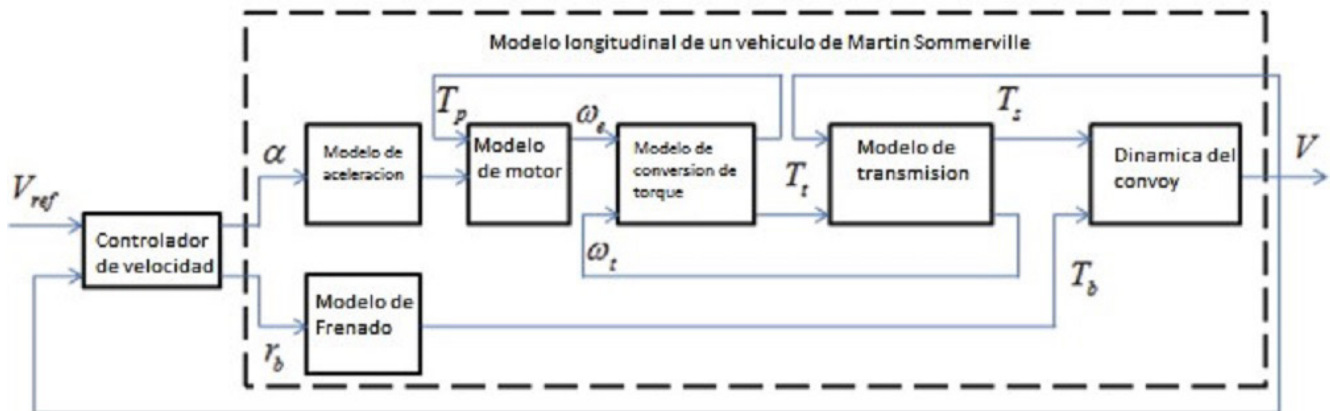


Figura 4. Modelo de control para la navegación del vehículo.

Fuente: Hashimoto, Umy Neil (2011).

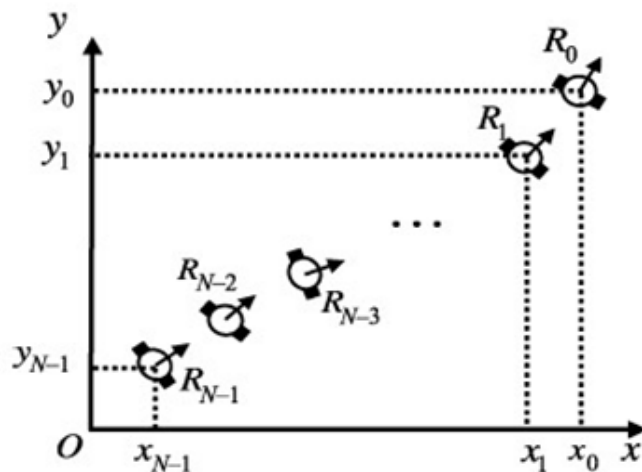


Figura 5. Diagrama de seguimiento.

Fuente: Belkhouche y Belkhouche (2004).

Algoritmos de Navegación con Control Difuso

Una de las estrategias propuestas que mejor se adapta a un entorno totalmente desconocido es la implementación en las plataformas de un control difuso. Esta permite, a partir de algoritmos basados en experiencia humana (modelados con comportamientos IF-THEN), resolver de manera óptima un recorrido del punto A hacia un punto B (Ramírez-Serrano y Boumedine, 1996). Una de las ventajas de este método, respecto a los cálculos odométricos, es la complejidad que estos últimos presentan al momento de ser desarrollados e implementados. Además, se tiene que estos cálculos requieren la implementación de sensores que son vulnerables al ruido y al entorno como lo pueden ser los encoders, sin tener en cuenta que se requiere que un procesamiento en tiempo real, lo cual demanda mayores recursos (Lee, Lai y Wu, 2005). En el método propuesto para la implementación de estos algoritmos difusos se desarrolla un algoritmo que toma información de diferentes sensores tipo brújula o de ultrasonido, ubicados de manera estratégica con el fin de percibir la distancia de la plataforma respecto a cualquier obstáculo o la meta, así como su posición comparando diferentes valores de los sensores incorporados (Hung, Vinh y Dung, 2012). Teniendo en cuenta las estrategias implementadas para este tipo de control, siempre se debe instaurar un rango de operación partiendo de la información percibida por cada sensor para realizar un comparativo entre las lecturas de los sensores ubicados en distintas posiciones determinando así obstáculos, trayectorias por el objetivo y desviaciones de la plataforma respecto a dicho fin por medio de coordenadas polares (Wang, Yang y Ding, 2010).

Para el desarrollo de las diferentes metodologías consultadas en el ámbito de la lógica difusa, se encuentra que todos parten de una base de conocimiento previo debido a la experiencia, y que es necesario establecer unas funciones de pertinencia que en forma lingüística definen los parámetros a ser procesados por el sistema (Maxwell,

Rykowskiy Hurlock, 2013). Cada componente de la percepción del entorno en el desarrollo de un algoritmo difuso busca hacer del recorrido lo más óptimo posible, sin necesidad de involucrar demasiados recursos del procesamiento, aspecto que conduce a un desarrollo fuerte del algoritmo a implementar (Ng y Trivedi, 1996).

Prevención de colisiones

Para realizar de manera satisfactoria la navegación de plataformas a través de diferentes escenarios en los cuales se involucran tanto obstáculos móviles como fijos, entornos geográficamente controlados o no, se hace necesario la implementación de diferentes sensores que permiten evitar en un grado importante las colisiones de un agente durante el recorrido (Young, Beard y Kelsey, 2001; Hu y Zeigler, 2004). Estos sensores agrupados de manera estratégica toman datos del entorno y se utilizan como apoyo a la toma de datos (Lee, Lai y Wu, 2005). Este módulo de reconocimiento realiza la propiocepción (posición y orientación) por medio de ángulos de orientación de la plataforma y ángulos de rotación de las ruedas, apoyándose por uno de los sensores de ultrasonido el cual corrige la estima de la propiocepción, mientras que el segundo sensor rota de derecha a izquierda reconociendo el ambiente en las partes laterales y frontales (Figura 6).

Una de las estrategias que busca reducir las colisiones consiste en la ubicación de un sensor de ultrasonido que gira desde el costado izquierdo al derecho de la plataforma permitiendo un reconocimiento del entorno a partir de sectores dependientes del ángulo de dispersión del sensor, lo cual facilita la estimación de la distancia frontal de la plataforma respecto a un posible obstáculo, estableciendo un ángulo respecto a la orientación de la plataforma, lo que permite tomar la ruta que evita la colisión acorde al ángulo de dispersión del sensor y el objetivo final (Young, Beard y Kelsey, 2001). Dicho sensor, ubicado en la cara frontal de la plataforma, también asiste los datos tomados por los demás sensores (Figura 7).

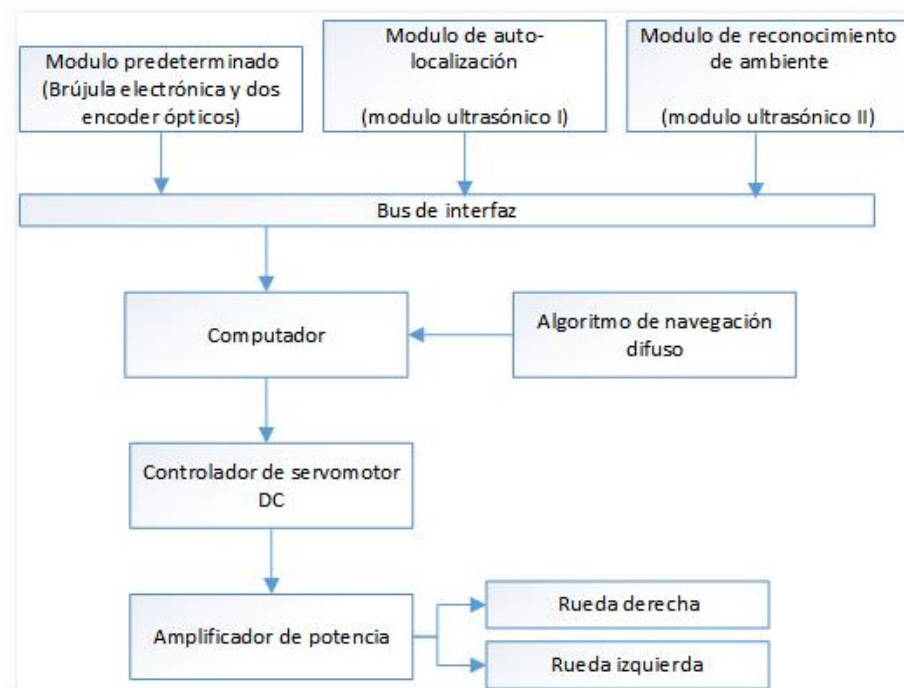


Figura 6. Diagrama de la plataforma móvil.

Fuente: Lee, Lai y Wu (2005).

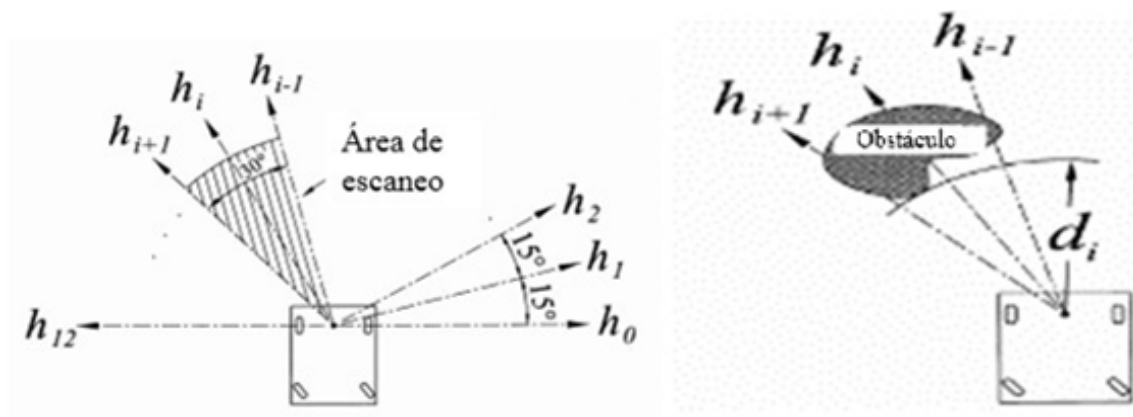


Figura 7. Reconocimiento a partir un sensor móvil y otro fijo.

Fuente: Lee, Lai y Wu, (2005).

En este caso, el método de seguimiento a partir de la información tomada por sensores de rotación y encoder puede ser complejo de manejar y requiere bastantes recursos por parte de la plataforma. Por ello, el desarrollo para la navegación está determinado en la propiocepción por

medio de sensores de ultrasonido que generan un mapa del entorno, para así realizar el recorrido sin colisiones o atascamientos, integrados a un conjunto de decisiones de tipo if-then basadas en experiencia humana (Ramírez-Serrano y Boumedine, 1996).

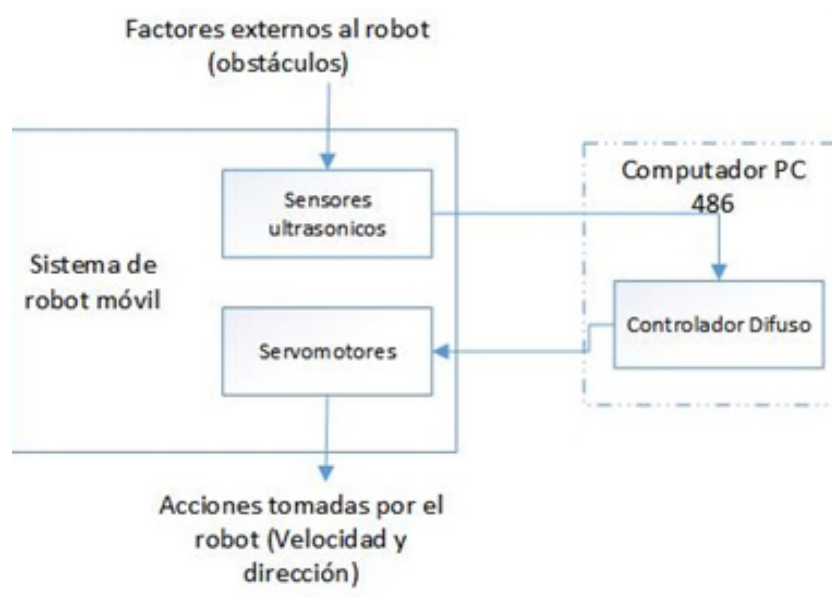


Figura 8. Esquema de funcionamiento de la plataforma.

Fuente: Ramírez-Serrano y Boumedine (1996).

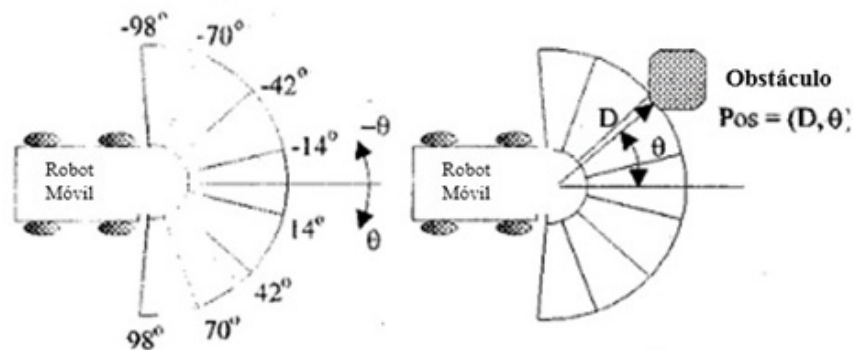


Figura 9. Ubicación de siete sensores para la percepción del entorno.

Fuente: (Ramírez-Serrano y Boumedine (1996).

Dentro de esta estrategia se definió la ubicación de siete sensores que abarcan la parte frontal y parte de la lateral de la plataforma, donde se determinan sectores de detección, los cuales determinan una información relativa a la posición del obstáculo (Ailon, 2011). Los siete parámetros de posicionamiento correspondientes a cada sensor determinan la velocidad y dirección del robot, usando un razonamiento difuso, determinando así la ruta a tomar (Ramírez-Serrano y Boumedine, 1996). (Figura 9).

También existen investigaciones que buscan determinar modelos comparativos en sistemas robóticos con enfoques en convoy de tipo militar que permitan fijar estándares aplicables a sistemas similares, ya que este tipo de sistemas ha aumentado exponencialmente en los últimos años buscando reducir situaciones que conlleven a un riesgo a las personas (Hsu y Lizarralde, 2000). Es así como la robótica y, en específico, los convoyes de tipo multi robot intentan satisfacer la seguridad, eficiencia y avances.

Sin embargo, a medida que se complementan estas investigaciones, el hecho de no existir un estándar centralizado para hacer comparativos los trabajos se torna algo complejo, se busca así proponer e iniciar la creación de un estándar aceptado con respecto a los convoyes de tipo militar que permita a los miembros del mismo medir el rendimiento y comparar los resultados (Maxwell, Rykowski y Hurlock, 2013). (Figura 10).

En términos generales, estos planteamientos permiten corregir errores asociados a una metodología en particular combinando redes de incertidumbre para la representación de obstáculos y campos potenciales para la navegación (Shirkhodaie, 2002). Esta combinación es especialmente adecuada para el alojamiento de datos de sensor inexactos (como los producidos por sensores ultrasónicos), así como para la fusión de sensores, además permite el movimiento continuo del robot sin detenerse delante de obstáculos (Borenstein y Koren, 1989).

En su mayoría, las plataformas móviles cuentan con algún tipo de sistema para la evasión de colisiones, que van desde algoritmos primitivos que detectan un obstáculo y detienen al robot a para evitar una colisión, hasta sofisticados algoritmos

que permiten al robot desviar obstáculos. Los últimos son mucho más complejos ya que implican no solo la detección de un obstáculo, sino también algún tipo de medidas cuantitativas referentes a las dimensiones del obstáculo (Sorensen y Ren, 2007). Desde su perspectiva de controlador difuso neuronal integrado (NiF-T), pretenden realizar un algoritmo genérico que permita la integración de diferentes tipos de sensores que, a su vez, hagan parte de un control robusto y práctico con un mínimo de características que permitan responder al sistema en tiempo real sin necesidad de servo visión. Para ello, plantean un entrenamiento directo para las redes neuronales con reglas difusas de alto nivel en lugar de datos numéricos de muestra (Choek *et al.*, 1997). Las reglas lingüísticas de expertos son más fáciles de obtener y más confiables. Adicionalmente, se definen unas reglas básicas llamadas reglas Padre derivadas de un experto, que en este caso es el conocimiento humano. Definiendo como en la gran mayoría de casos tres partes principales: funciones difusas de membresía, red neuronal de reglas y la red neuronal de refinamiento.

En términos generales, el número de funciones de pertenencia es igual al número de parámetros

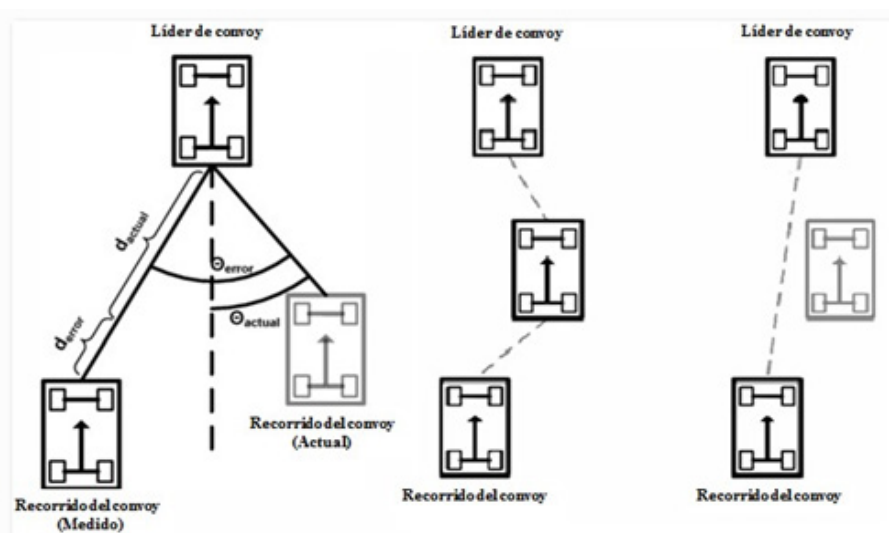


Figura 10. Esquema de funcionamiento de la plataforma.

Fuente: Maxwell, Rykowski y Hurlock (2013).

de entrada y el número de etiquetas de cada función de pertenencia determina el número de nodos de entrada. Por lo general, el número se establece al menos igual que el número de pares de entrenamiento (Ng y Trivedi, 1996). (Tabla 1).

Partiendo de una base del conocimiento descriptiva y fija, lo cual describe este trabajo, es indiferente el medio de precepción del mismo. (Choek *et al.*, 1997). El control inteligente (IC) en su forma más simple puede ser visto como un esquema de

procesamiento del conocimiento. En términos generales, las entradas consisten en datos y objetivos, mientras que la salida consiste en alguna acción de control. El control también utiliza técnicas y procedimientos (representación y/o toma de decisiones) humanos/animales/biológicos para desarrollar e implementar un controlador para un sistema. El esquema ILOS LF en este trabajo emplea el paradigma de control inteligente jerárquico con la ayuda de la lógica difusa (Choek *et al.*, 1997). (Figura 11).

Tabla 1. Definición de reglas Padre.

Regla	Reglas parentales			Salidas	Condición
	Compensación de seguimiento	Velocidad del seguidor	Velocidad del líder		
1	z	z	z	z	Estable
2	p	p	p	-m	
3	p	p	n	-l	
4	p	n	p	z	Crítico
5	p	n	n	-m	
6	n	p	p	m	
7	n	p	n	z	
8	n	n	p	l	
9	n	n	n	m	

Fuente: Ng y Trivedi (1996).

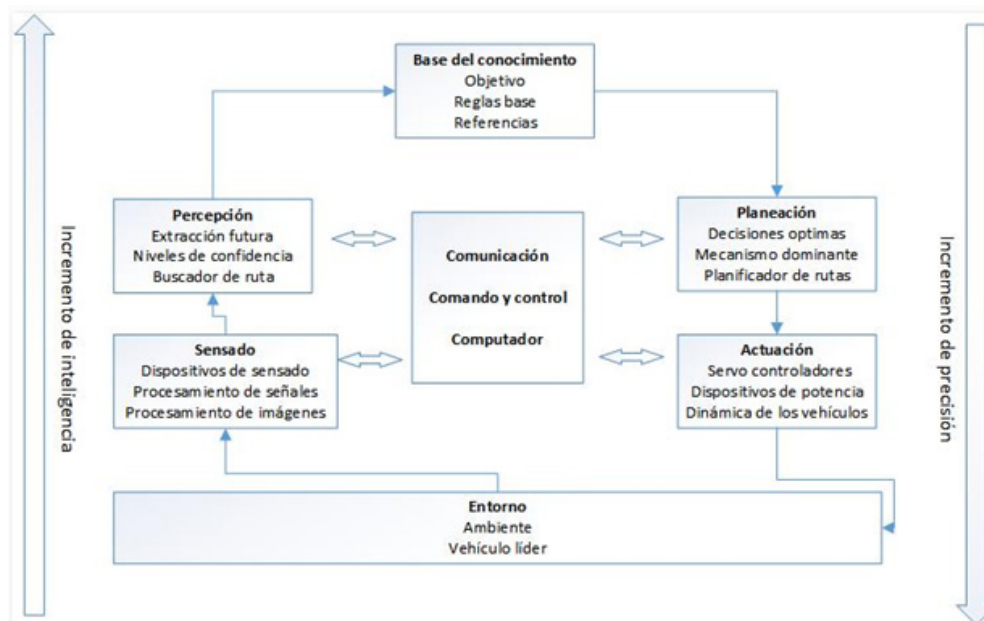


Figura 11. Representación general de un sistema de control inteligente.

Fuente: Choek *et al.* (1997).

Conclusiones

Para entornos desconocidos los mejores resultados se encontraron en sistemas que vinculan un procesamiento de datos descentralizado para varios agentes, sensado por medio de receptores de gran velocidad pero de fácil procesamiento e interacción de diferentes de estos sensores, apoyados por algoritmos bioinspirados o que partían de una base del conocimiento fundamentada en la experiencia humana.

Parte del buen funcionamiento de un sistema corresponde a la correcta sincronización de sus redes de procesamiento y a la definición de reglas adecuadas para la labor a realizar. Esto en labores de tipo cooperativo (redes neuronal-lógico difusas) para plataformas móviles.

En la revisión de estados del arte se identificaron estrategias que permitían la integración de manera óptima entre percepción y navegación, sin priorizar el control de variables para enfocarse en el control de otras magnitudes. Siguiendo esta línea de investigación, se proponen estrategias adicionales que permitan percibir el entorno de forma global en diferentes ambientes.

Se pueden plantear alternativas para vincular la interacción de personal idóneo en la operación remota de una plataforma aérea de reconocimiento del entorno para así elaborar un mapeo preliminar del terreno en la cual otras plataformas terrestres harán la intervención, desarrollando de manera previa diversas estrategias para el desempeño de la tarea asignada usando sistemas terrestres, aéreos e incluso marítimos.

Con el uso de lógica difusa en sistemas de control cooperativo y algoritmos de navegación bioinspirados relacionados con la búsqueda de navegación, auto localización y comunicación se puede hacer un enfoque encaminado a la hibridación de estrategias tanto de reconocimiento como de algoritmos para la navegación.

Referencias

- Aicardi, M., Casalino, G. y Balestrino, A. (1995). Closed loop steering of unicycle like vehicles via Lyapunov techniques. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 2(1), 27-35. <https://doi.org/10.1109/100.388294>
- Ailon, A. (2011). State parametrization in optimal control problems and low level controller design for multiple autonomous mobile robot systems. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)* (pp. 55-60). Budapest, Hungría: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/AIM.2011.6027135>
- Belkhouche, F. y Belkhouche, B. (2004). A control strategy for tracking-interception of moving objects using wheeled mobile robots. *43rd IEEE Conference on Decision and Control (CDC)* (IEEE Cat. No.04CH37601) (pp. 2129-2130, vol. 2). Nassau, Bahamas: IEEE Conference Publications.
- Belkhouche, F. y Belkhouche, B. (2005). Modeling and controlling a robotic convoy using guidance laws strategies. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 35(4), 813-825. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2005.846646>
- Belkhouche, F. y Jin, T. (2009). An approach for collaborative path planning in multi-robot systems. *2009 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics* (pp. 2356-2361). San Antonio, TX, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2009.5346358>
- Belkhouche, F., Belkhouche, B. y Rastgoufard, P. (2004). A linearized model for the line of sight guidance law. *Position Location and Navigation Symposium* (IEEE Cat. No.04CH37556) (pp. 201-207). Monterey, CA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/PLANS.2004.1308994>
- Bensalah, F. y Chaumette, F. (1995). Compensation of abrupt motion changes in target tracking by

- visual servoing. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Human Robot Interaction and Cooperative Robots (pp. 181-187, vol. 1). Pittsburgh, PA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/IROS.1995.525794>
- Borenstein, J. y Koren, J. (1989). Real-time obstacle avoidance for fast mobile robots. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 19(5), 1179-1187. <https://doi.org/10.1109/21.44033>
- Borg, J. M., Mehrandezh, M., Fenton, R. G. y Benhabib, B. (2000). An Ideal Proportional Navigation Guidance system for moving object interception-robotic experiments. Systems, Man, and Cybernetics, IEEE International Conference (pp. 3247-3252, vol. 5). Nashville, TN, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2000.886504>
- Brackstone, M. y McDonald, M. (1999). Car-following: a historical review. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, 2(4), 181-196. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(00\)00005-X](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00005-X)
- Cao, Y., Fukunaga, A. S., Kahng, A. B. y Meng, F. (1995). Cooperative mobile robotics: antecedents and directions. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Human Robot Interaction and Cooperative Robots (pp. 226-234, vol. 1). Pittsburgh, PA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/IROS.1995.525801>
- Chaumette, F., Rives, P. y Espiau, B. (1991). Positioning of a robot with respect to an object, tracking it and estimating its velocity by visual servoing. IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 2248-2253, vol. 3). Sacramento, CA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1991.131965>
- Choek, K., Smid, G., Koayashi, K., Overholt, J. y Lescos, P. (1997). A fuzzy logic intelligent control system architecture for an autonomous leader-following vehicle. American Control Conference (Cat. No.97CH36041) (pp. 522-526, vol. 1). Albuquerque, NM, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ACC.1997.611854>
- Cook, P. A. (2007). Stable Control of Vehicle Convoys for Safety and Comfort. IEEE Transactions on Automatic Control, 52(3), 526-531. <https://doi.org/10.1109/TAC.2007.892370>
- Datta, A. y Soundaralakshmi, S. (1999). Motion planning in an unknown polygonal environment with bounded performance guarantee. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.99CH36288C) (pp. 1032-1037, vol. 2). Detroit, MI, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1999.772450>
- Della Vedova, M. L., Facchinetti, T., Ferrara, A. y Martinelli, A. (2009). Real-time platooning of mobile robots: design and implementation. IEEE Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (pp. 1-4). Mallorca, España: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ETFA.2009.5347246>
- Dias, J., Paredes, C., Fonseca, I., Araujo, H., Batista, J. y Almeida, A. T. (1998). Simulating pursuit with machine experiments with robots and artificial vision. IEEE Transactions on Robotics and Automation, 14(1), 1-18. <https://doi.org/10.1109/70.660834>
- Espinosa, F., Santos, C., Marron-Romera, M., Pizarro, D. y Valdes, F. (2011). Odometry and Laser Scanner Fusion Based on a Discrete Extended Kalman Filter for Robotic Platooning Guidance. Sensors, 11, 8339-8357. <https://doi.org/10.3390/s110908339000>
- Feyrer, S. y Zell, A. (1999). Tracking and pursuing persons with a mobile robot. Recognition, Analysis, and Tracking of Faces and Gestures in Real-Time Systems, International Workshop (pp. 83-88). Corfu, Grecia: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/RATFG.1999.799228>
- Guelman, M. (1971). A qualitative study of proportional navigation. IEEE Transactions on Aerospace

- and Electronic Systems, 7(4), 637-643. <https://doi.org/10.1109/TAES.1971.310406>
- Hashimoto, N., Umit, O. y Neil, S. (2011). Evaluation of control in a convoy scenario. IEEE Intelligent Vehicles Symposium. Baden, Alemania: IEEE. DOI: 10.1109/IVS.2011.5940572. <https://doi.org/10.1109/IVS.2011.5940572>
- Henke, C., Frohleke, N. y Bocker, J. (2006). Advanced convoy control strategy for autonomously driven railway vehicles. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (pp. 1388-1393). Toronto, Canadá: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2006.1707417>
- Hsu, L. y Lizarralde, F. (2000). Robust adaptive visual tracking control: Analysis and experiments. IEEE International Conference on Control Applications. Conference Proceedings (Cat. No.00CH37162) (pp. 874-879). Anchorage, AK, EE. UU.: IEEE Conference Publications.
- Hu, X. y Zeigler, B. P. (2004). Measuring Cooperative Robotic Systems Using Simulation-Based Virtual Environment. Manila, Filipinas: Defense Technical Information Center.
- Hu, X., Ganapathy, N. y Zeigler, B. P. (2005). Robots in the loop: supporting an incremental simulation-based design process. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics (pp. 2013-2018, vol. 3). Waikoloa, HI, EE.UU.: IEEE Conference Publications.
- Hung, P., Vinh, T. y Dung, N. (2012). A simplified control for robot convoy. International Conference on Control, Automation and Information Sciences (Iccais) (pp. 288-293). Ho Chi Minh, Vietnam: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/CCAIS.2012.6466604>
- Jacinto, E., Martínez, F. y Martínez, F. (2013). A comparative study of geometric path planning methods for a mobile robot: Potential field and Voronoi diagrams. II International Congress of Engineering Mechatronics and Automation (Ciima) (pp. 1-6). Bogotá, Colombia: IEEE Conference Publications.
- Jacoby, G. A. y Chang, D. J. (2008). Towards command and control networking of cooperative autonomous robotics for military applications (Carma). Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (pp. 815-820). Niagara Falls, ON, Canadá: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/CCECE.2008.4564649>
- Kanayama, Y., Kimura, Y., Miyazaki, F. y Noguchi, T. (1991). A stable tracking control method for a non-holonomic mobile robot. Intelligent Robots and Systems. Intelligence for Mechanical Systems, Proceedings IROS. IEEE/RSJ International Workshop (pp. 1236-1241, vol.3). Osaka, Japón: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/IROS.1991.174669>
- Khodayari, A., Ghaffari, A., Ameli, S. y Flahatgar, J. (2010). A historical review on lateral and longitudinal control of autonomous vehicle motions. International Conference on Mechanical and Electrical Technology (pp. 421-429). Singapur, Singapur: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ICMET.2010.5598396>
- Lee, T.-L., Lai, L.-C. y Wu, C.-J. (2005). A fuzzy algorithm for navigation of mobile robots in unknown environments. IEEE International Symposium on Circuits and Systems (pp. 3039-3042). Kobe, Japón: IEEE Conference Publications.
- Marapane, S. B., Trivedi, M., Lassiter, N. y Holder, B. (1996). Motion control of cooperative robotic teams through visual observation and fuzzy logic control. Robotics and Automation, IEEE International Conference (pp. 1738-1743, vol. 2). Minneapolis, MN, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.1996.506963>
- Marchand, E., Bouthemy, P., Chaumette, F. y Moreau, V. (1999). Robust real-time visual tracking using a 2D-3D model-based approach. Seventh IEEE International Conference on Computer Vision (pp. 262-268, vol. 1). Kerkyra, Grecia: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ICCV.1999.791229>

- Martinec, D. y Hurák, Z. (2011). Vehicular platooning experiments with Lego Mindstorms NXT. IEEE International Conference on Control Applications (CCA) (pp. 927-932). Denver, CO, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/CCA.2011.6044393>
- Mathews, Z., Verschure, P. y Bermudez, S. (2010). An insect-based method for learning landmark reliability using expectation reinforcement in dynamic environments. IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 3805-3812). Anchorage, AK, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509935>
- Maxwell, P., Rykowski, J. y Hurlock, G. (2013). Proposal for the initiation of general and military specific benchmarking of robotic convoys. IEEE Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA) (pp. 1-6). Woburn, MA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/TePRA.2013.6556355>
- Mehrandezh, M., Sela, N. M., Fenton, R. G. y Benhabib, B. (2000). Robotic interception of moving objects using an augmented ideal proportional navigation guidance technique. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans, 30(3), 238-250. <https://doi.org/10.1109/3468.844351>
- Mertens, M., Ulmke, M., Klemm, R. y Koch, W. (2009). Using lateral length measurements in GMTI convoy tracking. 12th International Conference on Information Fusion (pp. 1022-1028). Seattle, WA, EE.UU.: IEEE Conference Publications.
- Ng, K. C. y Trivedi, M. M. (1996). Multirobot convoying using neuro-fuzzy control. 13th International Conference on Pattern Recognition (pp. 417-421, vol. 4). Vienna, Austria: IEEE Conference Publications.
- Parker, L. E. (1995). The effect of action recognition and robot awareness in cooperative robotic teams. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Human Robot Interaction and Cooperative Robots (pp. 212-219, vol. 1). Pittsburgh, PA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/IROS.1995.52579>
- Petrov, P. y Parent, M. (2006). An adaptive tracking controller for backward driving of a two-vehicle convoy. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (pp. 1376-1381). Toronto, Canadá: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2006.1707415n>
- Piccardo, H. y Honderd, G. (1991). A new real-time algorithm for robot manipulator path planning to enable the grasping of moving targets: some design aspects. Control '91., International Conference (pp. 795-800, vol. 2). Edimburgo, Reino Unido: IET Conference Publications.
- Ramírez-Serrano, A. y Boumedine, M. (1996). Real-time navigation in unknown environments using fuzzy logic and ultrasonic sensing. IEEE International Symposium on Intelligent Control (pp. 26-30). Dearborn, MI, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ISIC.1996.556172>
- Rodríguez, A. y Reggia, J. A. (2005). Using aggregate motion in multi-agent teams to solve search and transport problems. IEEE Swarm Intelligence Symposium (SIS) (pp. 373-380). Pasadena, CA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/SIS.2005.1501645>
- Russell, R. (1994). Ant trails - an example for robots to follow? IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.99CH36288C) (pp. 2698-2703, vol. 4). Detroit, MI, EE.UU.: IEEE Conference Publications.
- Scheuer, A., Simonin, O. y Charpillet, F. (2009). Safe longitudinal platoons of vehicles without communication. IEEE International Conference on Robotics and Automation (pp. 70-75). Kobe, Japón: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2009.5152629>
- Schwarzinger, M., Zielke, T., Noll, M., Brauckmann, M. y Seelen, W. (1992). Vision-based car-following: detection, tracking, and identification. Intelligent Vehicles '92 Symposium

- (pp. 24-29). Detroit, MI, EE.UU.: IEEE Conference Publications.
- Shirkhodaie, A. (2002). Supervised control of cooperative multi-agent robotic vehicles. Thirty-Fourth Southeastern Symposium on System Theory (Cat. No.02EX540) (pp. 386-390). Huntsville, AL, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/SSST.2002.1027073>
- Sorensen, N. y Ren, W. (2007). A Unified Formation Control Scheme with a Single or Multiple Leaders. American Control Conference (pp. 5412-5418). Nueva York, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ACC.2007.4283094>
- Tar, J., John, N., Katalin, L., Donat, B., Kovaics, R. y Bremse, K. (2007). Adaptive Control of an Automatic Convoy of Vehicles. 11th International Conference on Intelligent Engineering Systems (pp. 21-26). Budapest, Hungría: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/INES.2007.4283666>
- Wang, Z. P., Yang, W. R. y Ding, G. X. (2010). Sliding Mode Control for Trajectory Tracking of Nonholonomic Wheeled Mobile Robots Based on Neural Dynamic Model. Second WRI Global Congress on Intelligent Systems (pp. 270-273, vol.2). Wuhan, China: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/GCIS.2010.231>
- Yang, C.-D. y Yang, C.-C. (1997). A unified approach to proportional navigation. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 33(2), 557-567. <https://doi.org/10.1109/7.575895>
- Young, B., Beard, R. y Kelsey, J. (2001). A Control Scheme for Improving Multi-Vehicle Formation Maneuvers. American Control Conference. (Cat. No.01CH37148) (pp. 704-709, vol. 2). Arlington, VA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ACC.2001.945797>
- Zielke, T., Brauchmann, M. y Seelen, W. (1992). Cartrack: computer vision-based car following. IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (pp. 156-163). Palm Springs, CA, EE.UU.: IEEE Conference Publications. <https://doi.org/10.1109/ACV.1992.240316>





Plataforma computacional sobre Amazon Web Services (Aws) de renderizado distribuido

Computational Platform About Amazon Web Services (Aws) Distributed Rendering

Plataforma de computação sob Amazon Web Services AWS de renderização distribuída

Gabriel Rojas-Albarracín¹

Jorge Páramo-Fonseca²

Cindy Hernández-Merchán³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Rojas-Albarracín, G., Páramo-Fonseca, J., y Henández-Merchán, C. (2017). Plataforma computacional sobre Amazon Web Services (Aws) de renderizado distribuido. *Revista Científica*, 30 (3), 252-262.

Doi: <https://doi.org/10.14483/23448350.12362>

Resumen

En la actualidad se ha creado una dinámica en la cual las personas exigen una mayor calidad de imagen en diferentes medios (juegos, películas, animaciones, entre otros). Por lo general, una mejor definición requiere el procesamiento de imágenes de mayor tamaño, esto trae consigo la necesidad de aumentar la capacidad de cálculo. El presente artículo expone un caso de estudio en el cual se muestra la implementación de una plataforma de bajo costo, sobre la nube de Amazon, para el procesamiento (renderizado) de imágenes y animaciones de forma paralela.

Palabras clave: AWS, alto procesamiento (HPC), LuxRender, procesamiento de imágenes (renderizado).

Abstract

Today has created a dynamic in which people require higher image quality in different media formats

(games, movies, animations). Further definition usually requires image processing larger; this brings the need for increased computing power. This paper presents a case study in which the implementation of a low-cost platform on the Amazon cloud for parallel processing of images and animatiois.

Keywords: AWS, high processing (HPC), LuxRender, image processing (Render).

Resumo

Hoje em dia tem-se criado uma dinâmica em que as pessoas exigem maior qualidade de imagem em diferentes meios (jogos, filmes, animações). O aumento da qualidade de definição geralmente requer processamento de imagem maior tamanho, isso traz consigo a necessidade de aumentar a capacidade de cálculo computacional. Este artigo apresenta um estudo de caso com a implementação de uma plataforma de baixo custo sob a computação em nuvem

¹. Universidad de Cundinamarca. Bogotá-Colombia. Contacto: lgabrielrojas@ucundinamarca.edu.co

². Universidad de Cundinamarca. Bogotá-Colombia. Contacto: jparamo@ucundinamarca.edu.co

³. Universidad de Cundinamarca. Bogotá-Colombia. Contacto: chcindy13@gmail.com

da Amazon Web Services (AWS) para o processamento de imagens e animações de forma paralela.

Palavras-chaves: AWS, Alto processamento (HPC), LuxRender, processamento de imagens (Renderização).

Introducción

Para procesar una imagen o animación sintética, es decir, creada enteramente por ordenador, es necesario aplicar diferentes ecuaciones matemáticas y físicas que permiten obtener resultados tan impresionantes que pueden ser confundidos con fotos reales. Como es de esperarse, tanto mayor sea la resolución o definición de un contenido multimedia, mayor será la cantidad de operaciones que debe realizar. Cálculo de efectos lumínicos, sombras y texturas, por mencionar algunas, son las tareas habituales en el proceso de renderización de un contenido digital.

Todo lo anterior trae consigo un aumento en los tiempos necesarios para obtener los resultados del procesamiento de una imagen o animación. Para disminuir esos tiempos se pensó en utilizar arquitecturas computacionales de altas prestaciones, que permiten utilizar sistemas de multiprocesamiento simétrico o en paralelo, dividiendo tareas en núcleos conectados a una red que trabaja a una alta velocidad. El presente artículo se divide en cuatro secciones: 1) antecedentes, donde serán presentados estudios similares tanto en temática como en el uso de las tecnologías aquí expuestas; 2) enfoque técnico, donde se presentará el modelo arquitectónico de la plataforma implementada y el flujo de procesos que realiza; 3) pruebas y resultados, en esta sección serán presentados con detalle las características del caso de estudio, las fuentes, y los datos obtenidos luego de realizar el procesamiento; y 4) conclusiones, donde finalmente serán analizados los resultados generados en la sección anterior.

Antecedentes

Para el desarrollo de este trabajo se identificaron proyectos similares tanto en el resultado final como en el uso de las tecnologías.

Diseño de clústeres computarizados con algoritmos de renderizado para la construcción de modelos tridimensionales a través del uso de herramientas de OpenSource

El objetivo de este trabajo consistió en optimizar el tiempo de renderizado de un recorrido virtual 3D utilizando un clúster de computadoras. Se utilizó cómputo paralelo, además de herramientas basadas en software libre como: 1) OpenMosix, que permite la construcción de un clúster para paralelizar la carga de trabajo en el proceso de renderizado y 2) Blender para diseñar modelos 3D; la compatibilidad de las dos herramientas se basa en ser bajo licencia GPL (Olivares Pinto *et al.*, 2014).

Searching for Extraterrestrial Intelligence: SETI Past, Present, and Future

En 1995 David Gedye se propuso convertir radio Seti en un súper computador virtual compuesto de un gran número de máquinas conectadas a través de internet y organizó el proyecto Seti@home para explorar esta idea. Fue lanzado originariamente en mayo de 1999.

El proyecto Seti@home es un proyecto diseñado para la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Recientemente se han venido creando versiones de Seti que se ejecutan en las unidades de procesamiento gráfico (GPU) y son capaces de operaciones altamente paralelas. Seti@home puede calcular en la GPU hasta 30 veces más rápido que la CPU en los sistemas que contienen una GPU compatible (Seti@home, 1999).

Out of core sort-first parallel rendering for cluster based tiled displays

Este proyecto permite renderizar imágenes de alta resolución de modelos extensos usando PCs con poca memoria. Para ello se usó un algoritmo de preprocesamiento distribuido para generar una representación jerárquica en disco del modelo. En tiempo de ejecución cada PC renderiza la imagen para un cuadro de visualización, usando un

enfoque de renderización distribuida que emplea múltiples hilos para sobreponer los tiempos de renderizado, visualización y operaciones en disco. El sistema puede operar en un modo aproximativo para tiempo real de renderizado, o en un modo conservador para renderizar con precisión garantizada. En modo aproximativo con 16 PCs, cada uno con 512 Mb de RAM, se puede renderizar imágenes de 12 megapíxeles de un modelo de 13 millones de triángulos con un 99.3% de precisión a 10.8 frames por segundo. Esto demuestra que un clúster hecho con PCs de bajo costo es una alternativa para sistemas que requieren alto procesamiento (Correa, Klosowski y Silva, 2002).

Free DistributedRenderFarmfor Blender

RenderFarm es un grupo de ordenadores conectados entre sí para completar una tarea grande. En el caso de la renderización en 3D, la mayoría de las veces la granja de renderización dividirá los fotogramas de una animación en varios equipos, y en lugar de tener un solo equipo trabajando durante 100 días se puede tener 100 equipos que trabajarán durante un día en la renderización.

Cuando el dueño del proyecto añade su escena para trabajos que hacer, el servicio se divide la animación en fotogramas individuales para renderizar. Se envía cada trama a un ordenador conectado y tiene como objetivo optimizar esta elección basado en la memoria disponible, así como la potencia de la CPU/GPU (Sheep it!, s.f.).

The New 'Cloud' Era

Con 2.000 poderosos nodos para renderizar, Fox Renderfarm tiene como objetivo proporcionar la renderización a través de la nube con toda la industria del CG.

Mediante el uso de la tecnología en la computación en la nube, Fox Renderfarm es capaz de satisfacer las demandas de los clientes y ayudarles a obtener trabajos de calidad antes de la fecha límite.

Aunque la tecnología en la nube se desarrolla y cambia rápidamente, Fox Renderfarm mantiene el ritmo de la era de la nube y ofrece un mejor y más rápido servicio de renderización a todos sus clientes.

Actualmente, Fox Renderfarm despliega miles de estaciones de trabajo y tiene pensado crear más en el futuro.

Cada máquina cuenta con un procesador Intel Xeon E55XX series, 24-64GB de RAM, 10Gbps de red local. En cuanto a conexión de red, cuenta con acceso a internet de 200Mbps y Hardware Firewall (Iori y Gordon, s.f.).

Enfoque técnico

Para lograr el objetivo final, es decir, el renderizado de imágenes o animaciones, se planteó un diseño basado en arquitectura clúster corriendo en la plataforma AWS de Amazon y su desarrollo se basó en componentes, presentándolo como un servicio web para ser consumido por diseñadores individuales o empresas de diseño de cualquier tamaño.

A continuación, será presentada la propuesta arquitectónica, donde se muestran y detallan los componentes (y sus relaciones), que conforman el servicio de renderizado.

Arquitectura propuesta

La arquitectura del clúster que se utilizó fue adaptable, es decir, varió en el número de nodos que se usaron para las diferentes pruebas, utilizándose un servidor maestro, dos nodos, cuatro nodos y 10 nodos según la prueba a realizar. Esta arquitectura fue montada sobre la nube provista por Amazon utilizando la plataforma AWS. Esta plataforma permite una gran escalabilidad y flexibilidad en su uso para ampliar o reducir el número de servidores y nodos.

La figura 1 permite ver de forma amplia como está compuesta la plataforma, la cual tiene un servidor maestro y n cantidad de nodos de procesamiento.

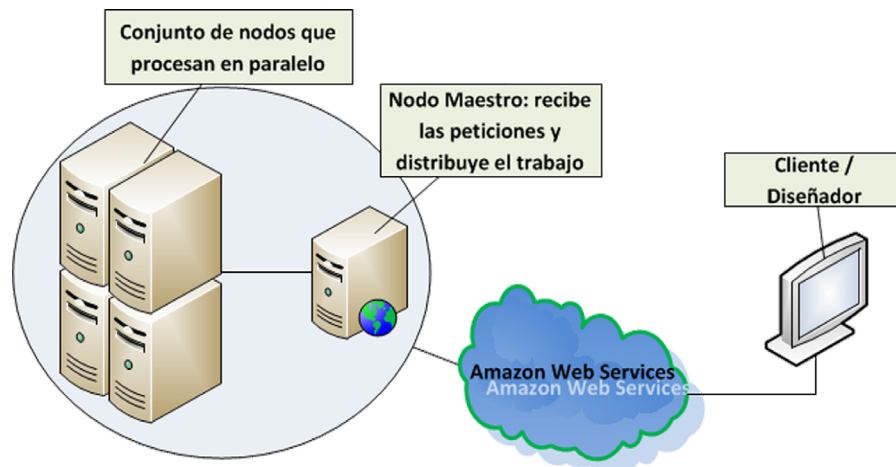


Figura 1. Modelo general de la plataforma.

Fuente: Elaboración propia.

El servidor maestro se encarga de proveer el servicio de renderizado, lo que permite a cualquier cliente usar la plataforma consumiendo el servicio al enviar trabajos a realizar (archivos a renderizar). Este servidor es el encargado de delegar, coordinar y distribuir los diferentes procesos entre los nodos que estén en uso.

Los nodos de procesamiento se encargan de realizar las tareas de cálculos físicos. La plataforma propuesta permite que el número de nodos sea variable, incluso en medio de un procesamiento, ya que la plataforma tiene una alta tolerancia a fallos.

Tanto el servidor maestro como los nodos requieren de piezas de software (componentes) para su funcionamiento. La figura 2 presenta los componentes instalados en el servidor maestro.

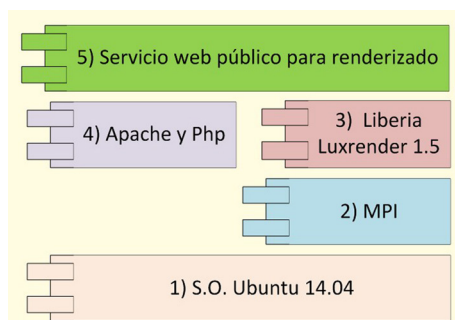


Figura 2. Modelo de capas del servidor maestro.

Fuente: Elaboración propia.

1. S.O.: el servidor maestro tiene como sistema operativo a Ubuntu server en su versión 14.04.
2. MPI: este componente es en realidad un conjunto de librerías basadas en un estándar que permiten el paso de mensajes para realizar tareas de forma distribuida. Sus principales características son: no precisan memoria compartida y permite la sincronización entre procesos.
3. Luxrender 1.5: es un motor de renderizado de uso libre bajo licencia APL2. Seleccionado por su capacidad de distribución de trabajo en nodos. Además, Luxrender recibe una gran variedad de tipos de archivo o fuentes para procesar, entre los que se encuentran: Blender, Maya, Daz Studio, 3DS Max y SKetchUp generalmente exportados a XLS.
4. Adicional a lo anterior, Luxrender tiene una serie de librerías en C++ que permite ser incrustado en aplicaciones de terceros y cuenta con versiones de Linux, Windows y Mac.
5. Apache y Php: esta combinación es una de las más comunes en internet y, para el presente trabajo, se utilizó como plataforma sobre la cual se ejecuta el servicio/aplicación web.
6. Servicio web: finalmente, se construyó un componente que permite dotar a la plataforma de funcionalidad.

Y la figura 3 presenta los componentes alojados en los nodos

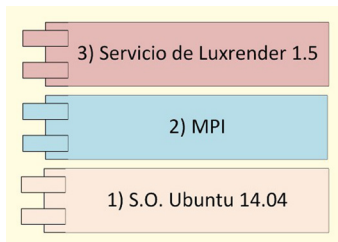


Figura 3. Piezas de software en cada nodo.

Fuente: Elaboración propia.

Las capas 1, 2 y 3 en todos los nodos son las mismas que el servidor maestro, con la única diferencia que en cada nodo se inicia Luxrender como un servicio para que pueda recibir las tareas a procesar.

La figura 4 muestra una captura de pantalla del aplicativo desarrollado.

Flujo de procesos

El flujo de procesos es de vital importancia tanto para asegurar el funcionamiento de la plataforma ofreciendo el servicio, como para entenderla. La

figura 5 muestra un diagrama con los pasos más importantes que realiza la plataforma.

Como se muestra en el diagrama de flujo, el cliente sube un archivo a renderizar en un comprimido (.zip), dicho archivo es descomprimido por el aplicativo y entregado a Luxrender. Una vez en el servidor maestro tiene un nuevo trabajo que realizar en un archivo XLS con las instrucciones y características de la imagen o animación sintética, Luxrender distribuye el procesamiento entre todos los nodos de proceso disponibles y queda a la espera las constantes actualizaciones generadas por cada uno de ellos.

Aunque el diagrama presenta un modelo ideal, en el cual cada proceso es terminado, la realidad es que el proceso de renderizado puede terminar siendo un ciclo infinito, pues los cálculos de luces, sombras, reflejos, etc. se ven afectados por el rebote de sí mismos, por tal razón el presente caso de estudio se planteó con un límite de tiempo definido, que será explicado en detalle en la sección de pruebas y resultados.

El web service utiliza un clúster que permite dividir las tareas de renderizado y así obtener un procesamiento más rápido de la imagen o animación.



Figura 4. Aplicativo que permite el uso de la plataforma.

Fuente: Elaboración propia.

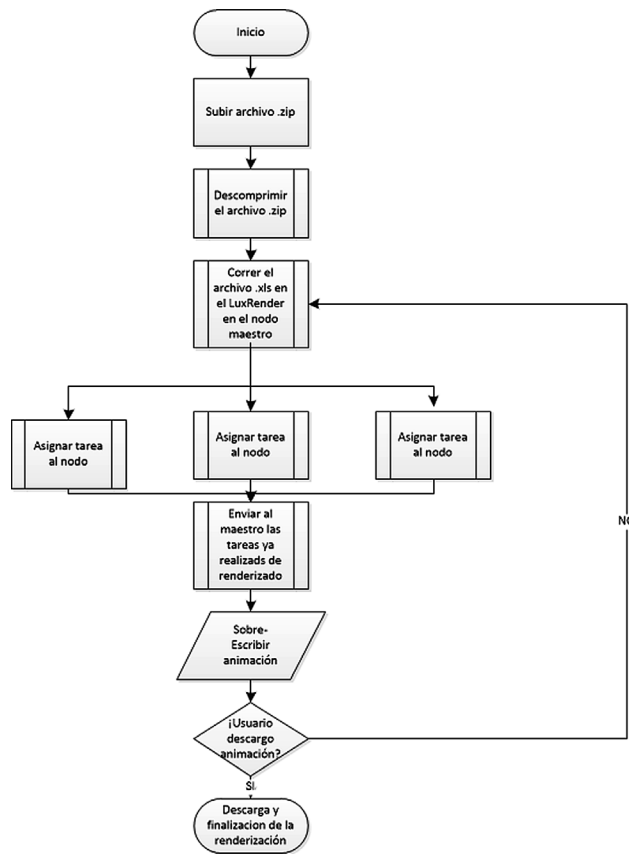


Figura 5. Diagrama de flujo de la plataforma.

Fuente: Elaboración propia.

Pruebas y resultado

En este capítulo se muestran los diferentes resultados de las pruebas que se realizaron durante el proyecto por medio de matrices y gráficos de resultados, con los que se puede inferir tanto los tiempos óptimos de renderizado, así como el número de nodos recomendado y las características de estos.

Descripción de la prueba

Las pruebas se hicieron con una imagen sintética diseñada en la herramienta Blender. A continuación, se presenta la ficha técnica de la imagen caso de prueba:

Tabla 1. Ficha técnica del archivo a renderizar.

Resolución de la imagen de salida	800 x 600 pixeles
Autor	Pitta http://www.luxrender.net/wiki/User:Piita
Link de descarga del archivo	https://www.cg.tuwien.ac.at/~zsolnai/luxrender-scenes/
Nombre del archivo	Conference_room.7z

Fuente: Elaboración propia.

Las pruebas consistieron en 24 escenarios, contruidos con seis diferentes configuraciones de recursos físicos (plataformas). En cada una de las plataformas se realizaron pruebas con diferente

número de procesos concurrentes definidos en cuatro grupos de 32, 128, 512 y 1024 hilos de procesamiento en paralelo:

Es importante mencionar que, durante la etapa de preparación del entorno, se evidenció que el proceso requerido podría ser indefinido debido a los cálculos cíclicos que se realizan. Por tal motivo, se estableció un tiempo límite fijo de dos horas y 15 minutos, para luego comparar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas.

Durante la realización de las pruebas se definió capturar la imagen de resultado cada 15 minutos (en total nueve muestreos por cada prueba), a partir del inicio del procesamiento.

A continuación, se muestra la composición técnica de las plataformas

A partir de la plataforma 2, todas las plataformas usaron un servidor maestro con las siguientes características:

- S.O.: Ubuntu server 14.04.
- Ram: 60.2 GB.
- Números de CPU: 32.

También es importante mencionar que el clúster de nodos de procesamiento de cada plataforma usa un modelo homogéneo, donde se cuenta con las mismas configuraciones y recursos para cada nodo.

Toma de resultados

Debido a que la simple inspección visual es subjetiva, como valores para el análisis comparativo se consideraron el tamaño de la imagen y el ruido. Para esto, se capturó el tamaño de la imagen en cada muestreo y su histograma. Con esto se pudo evidenciar que a medida que aumentaba la calidad, el ruido se reducía y con ello la disminución del tamaño de archivo generado.

Como evidencia de lo anterior, se presentan las figuras 6 y 7, donde se muestran dos imágenes con diferente resultado respecto a la calidad o nitidez de la imagen generada. En esta comparación se evidencia la disminución del ruido que se puede verificar por el histograma de cada imagen, notándose en ellos que a mejor calidad en

Tabla 2. Datos técnicos de las seis plataformas utilizadas.

	1) Plataforma 1 (E) *	2) Plataforma 2 (P2)	3) Plataforma 3 (B2)	4) Plataforma 4(B4)	5) Plataforma 5(B10)	6) Plataforma 6(G2)
Número de nodos de proceso (NP)		2	2	4	9	2
Nodo maestro (NM)		1	1	1	1	1
Sistema operativo	Windows 7 x64	Ubuntu server 14.04	Ubuntu server 14.04	Ubuntu server 14.04	Ubuntu server 14.04	Ubuntu server 14.04
RAM	3.90 GB	63.9 GB	181.5 GB	302.5 GB	605 GB	180.5 GB
Número de CPU	1	34	32	160	320	96
Instancia aws:	0	m1.small NP cc2.8xlarge NM	m1.small NP cc2.8xlarge NM	m1.small NP cc2.8xlarge NM	m1.small NP cc2.8xlarge NM	g2.8xlarge NP cc2.8xlargeNM
Número de GPU	0	0	0	0	0	8

* un equipo portátil (usado como referencia del peor resultado esperado)

Fuente: Elaboración propia.

las imágenes sintéticas (menos ruido) se tendrán picos más pronunciados en el histograma. Esto es debido a que los colores convergen en grupos

concretos del histograma, mediante la representación gráfica del número de píxeles en cada nivel de intensidad de color.

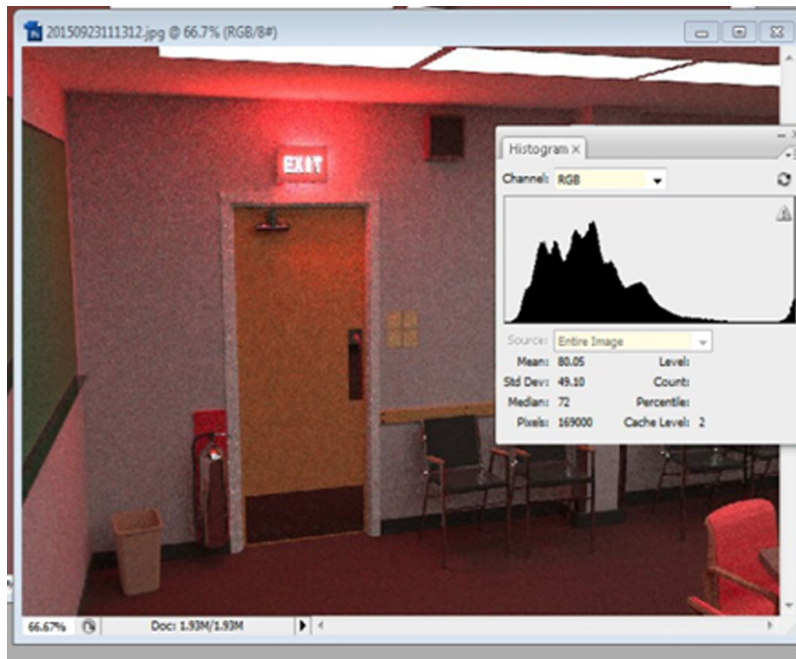


Figura 6. Imagen de regular calidad. Tamaño: 1.25 MB.
Fuente: Elaboración propia.

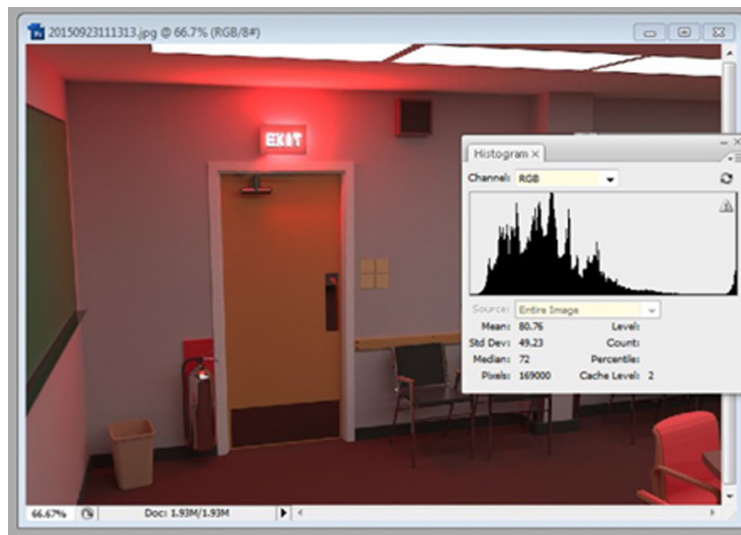


Figura 7. Imagen de buena calidad. Tamaño: 554 KB.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados

Se obtuvieron un total de 216 imágenes renderizadas, ya que en cada uno de los 24 escenarios propuestos se capturaron nueve imágenes.

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos, se optó por resumir estos resultados en cuatro gráficos de líneas, uno por cada número de hilos utilizado, donde se comparan los tamaños de las nueve imágenes capturadas en cada una de las plataformas.

A continuación, se presentan los gráficos de líneas obtenidos y una observación sobre estos:

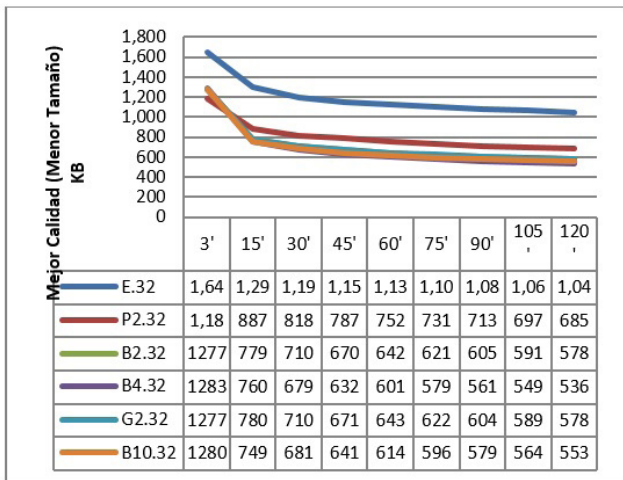


Figura 8. Resultados para cada plataforma con con 32 procesos concurrentes (hilos).

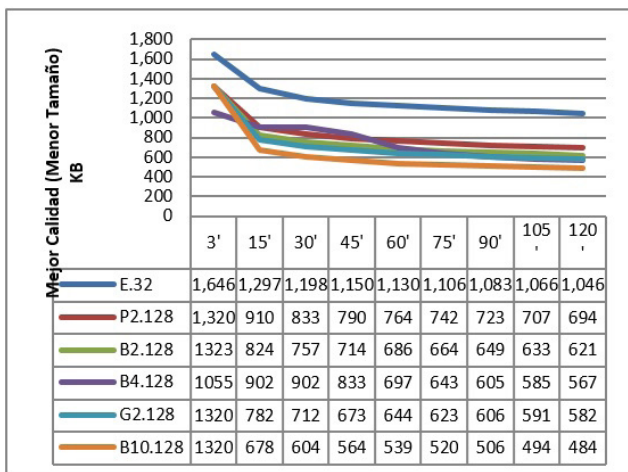


Figura 9. Resultados para cada plataforma 128 procesos concurrentes (hilos).

La figura 8 muestra una pronta caída en el tamaño de la imagen en los primeros 15 minutos y un mejor resultado para la plataforma B4.

En la figura 9 se evidencia una superioridad por parte de la plataforma con más nodos paralelos, es decir, la Plataforma B10.

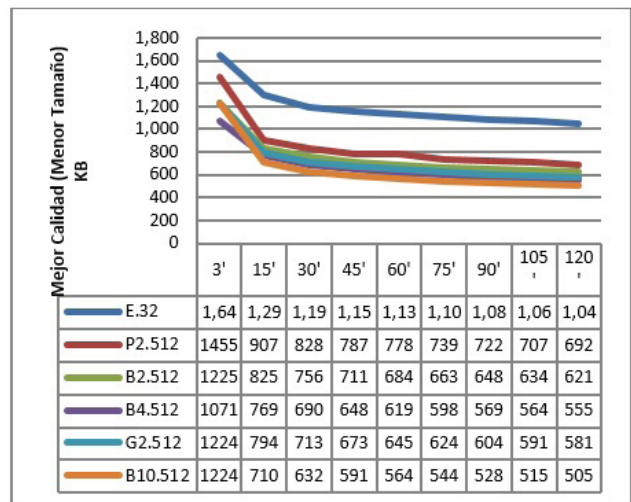


Figura 10. Resultados para cada plataforma con plataforma con 512 procesos concurrentes (hilos).

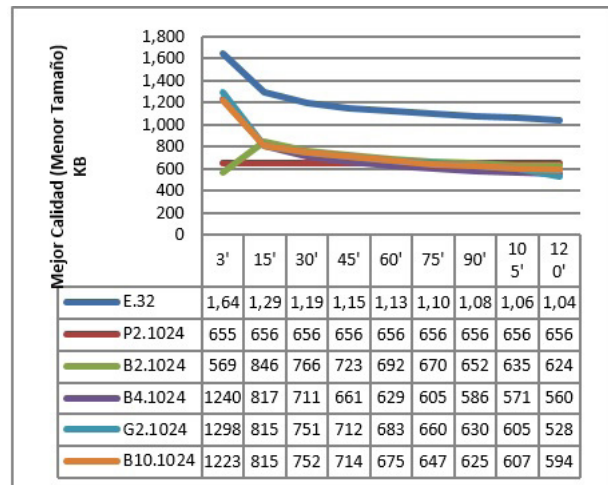


Figura 11. Resultados para cada 1024 procesos concurrentes (hilos).

En la figura 10 se evidencia también una superioridad por parte de la plataforma con más nodos paralelos, la Plataforma B10, pero con imágenes 2.0% más pesadas.

La figura 11 muestra una alteración en los datos registrados, específicamente en la plataforma P2 en toda su muestra y en B2 en el primer muestreo. En ambos casos se generó un error en el resultado de la imagen debido a que la cantidad de resultados entregados por cada nodo era superior a lo que podía procesar la plataforma, generando imágenes mal formadas como la mostrada en la figura 12.

Considerando lo anterior, y ya tabulados todos los resultados, se seleccionaron los mejores resultados de cada plataforma. A

continuación, se presenta la tabla con los mejores resultados.

Como evidencia la tabla 2, los mejores resultados se obtuvieron con una cantidad baja de hilos, esto es debido a que a mayor cantidad de hilos se aumenta la cola de procesos para cada CPS. Sin embargo, para el caso de usar GPU se obtienen mejores resultados ya que este tipo de plataforma está diseñada para un gran número de procesos simultáneos.

A continuación, se muestra el resumen compilando de los mejores resultados para cada número de procesos concurrentes y su análisis.

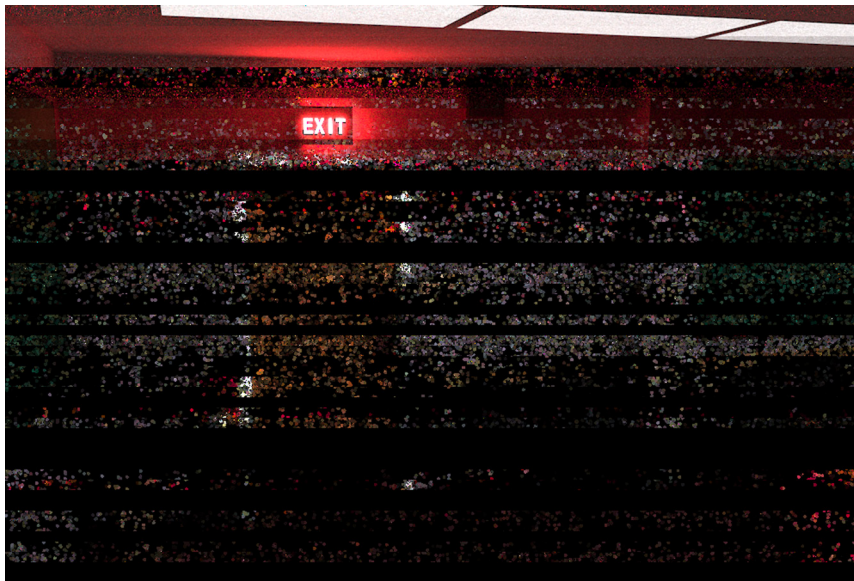


Figura 12. Resultado cuando la plataforma no soporta el número de hilos.

Fuente: Elaboración: Elaboración.

Tabla 3. Mejores resultados por plataforma luego de dos horas de procesamiento continuo.

	ID	Número de hilos	Tamaño
Plataforma 1	E.32	32	1046 KB
Plataforma 2	P2.32	1024	686 KB
Plataforma 3	B2.32	32	578 KB
Plataforma 4	B4.32	32	536 KB
Plataforma 5	B10.128	128	484 KB
Plataforma 6	G2.1024	1024	528 KB

Fuente: Elaboración propia.

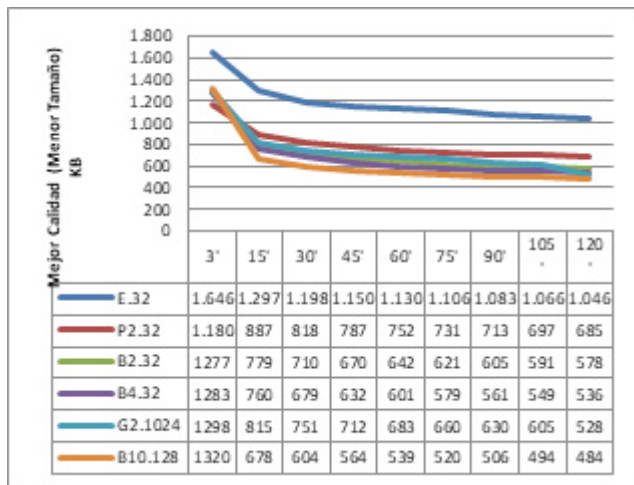


Figura 13. Mejores resultados de cada plataforma.

Fuente: Elaboración propia.

El mejor resultado se obtuvo con una plataforma con 10 nodos, 605 Gb de RAM y 320 CPUs.

El mejor resultado se obtuvo con una plataforma con 10 nodos, 605 Gb de RAM y 320 CPUs.

Conclusiones

Varios equipos pueden disminuir los tiempos al realizar una tarea o proceso que requería una cantidad significativa de cálculos y recursos computacionales.

Es posible determinar el nivel de ruido de una imagen sintética y, por tanto, la calidad en el resultado de un proceso de renderización, mediante el análisis de sus histogramas. A mejor calidad, los histogramas tendrán picos más pronunciados, pues los colores convergen en grupos concretos.

Para la renderización de imágenes pequeñas que no requieren un mayor nivel de procesamiento se puede utilizar un clúster pequeño con las

instancias gratuitas que ofrece Amazon AWS y con 32 hilos de procesamiento.

Utilizar dos instancias con GPU con 180.2 GB de RAM y 1024 hilos de procesamiento solo disminuye el nivel de calidad de la imagen en un 9%, comparado con utilizar 10 instancias con 602 GB de RAM y 128 hilos de procesamiento.

De igual forma, cuatro instancias con 301 GB de RAM y 32 hilos de procesamiento solo disminuyen la calidad de la imagen en un 10% en comparación con 10 instancias de 602 GB de RAM y 128 hilos de procesamiento. Por tanto, esta se convierte en la opción más adecuada en cuanto a la relación calidad-precio.

Referencias

- Sheep it! (s.f.). *Sheep it! Render farm*. Recuperado de: <https://www.sheepit-renderfarm.com/index.php>
- Seti@home. (05 de 1999). *Acerca de SETI@home*. Recuperado de: http://setiathome.berkeley.edu/sah_about.php
- Iori y Gordon. (s.f.). *The New 'Cloud' Era*. Recuperado de: <http://www.foxrenderfarm.com/>
- Olivares Pinto, U., Medina, F., Vega Lebrún, C. A., Cendejas Valdez, J. L. y Rosano Ortega, G. (01 de 2014). *Diseño de clústeres computarizados con algoritmos de renderizado para la construcción de modelos tridimensionales a través del uso de herramientas open source*. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90430816012>
- T. Correa, W., T. Klosowski, J. y T. Silva, C. (2002). *Out Of Core Sort First Parallel Rendering for Cluster Based Tiled Displays*. Recuperado de: <http://www.sci.utah.edu/~csilva/papers/egpgv02.pdf>





Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá

Design proposal for a photovoltaic solar energy system. Case of application in the city of Bogotá

Proposta de design para um sistema de energia solar fotovoltaica. Caso de aplicação na cidade de Bogotá

Sebastián Salamanca-Ávila¹

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30 (3), 263-277. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>

Resumen

La energía solar es un recurso renovable, es decir, está siempre disponible, no se agota y se puede aprovechar en cualquier momento gracias a que es posible almacenarla. Las difíciles condiciones medioambientales, la contaminación y, de otro lado, el avance tecnológico en el desarrollo de celdas solares cada vez más eficientes, han contribuido a que en la actualidad se promueva el uso de las energías renovables como la energía solar. Adicionalmente, se ha incrementado el uso de estos sistemas pues el nivel de contaminación que produce es muy bajo y los costos de instalación se recuperan al reducir la facturación del consumo de energía prestado por empresas de servicios públicos. Por lo tanto, el uso de sistemas fotovoltaicos es un tema de mucho interés en la actualidad e implementar este tipo de sistemas aislados en la ciudad de Bogotá es posible.

Palabras clave: Energía solar; panel solar fotovoltaico; renovables; MPPT.

Abstract

Solar energy is a renewable resource, that is, it is always available, it is not exhausted and you can take advantage of that energy from the sun at any time thanks to its storage. The difficult environmental conditions, pollution and, on the other hand, the technological advance in the development of increasingly efficient solar cells, has contributed to the current promotion of the use of renewable energy such as solar energy. In addition, the use of these systems has increased since the level of pollution is very low and installation costs are recovered by reducing the billing of energy consumption, provided by utilities. Therefore, the use of photovoltaic systems is a topic of great interest today, and to implement this type of isolated photovoltaic systems in the city of Bogotá is possible.

Keywords: Solar energy; photovoltaic solar panel; renewable; MPPT.

¹ Universidad Santo Tomás. Bogotá-Colombia. Contacto: sebastian.salamanca@usantotomas.edu.co

Resumo

A energia solar é um recurso renovável, ou seja, está sempre disponível, não se esgota, podendo ser aproveitada em qualquer momento porque é possível armazená-la. As difíceis condições ambientais, a contaminação e, por outro lado, o progresso tecnológico no desenvolvimento de células solares cada vez mais eficientes, tem contribuído a que na atualidade se promova o uso das energias renováveis como a energia solar. Adicionalmente, tem se aumentado o uso destes sistemas devido a que o nível de contaminação é muito baixo e os custos de instalação se recuperam a través da redução do consumo de energia, fornecida por empresas de serviços públicos. Portanto, o uso de sistemas fotovoltaicos é um assunto de muito interesse na atualidade, e implementar este tipo de sistemas fotovoltaicos isolados na cidade de Bogotá é possível.

Palavras-chaves: Energía solar, panel solar fotovoltaico, renovables, MPPT.

Introducción

El acceso a la energía eléctrica es un factor importante en el desarrollo de la humanidad (Valeret *et al.*, 2016). Hoy en día, la producción de energía eléctrica depende en gran medida de los recursos fósiles disponibles y la posibilidad de acceso a la red eléctrica (Rosso-Cerón y Kafarov, 2015). Durante varias décadas el desarrollo de las poblaciones ha dependido estrictamente de la capacidad de uso de combustibles fósiles para la obtención de energía, lo que ha provocado un gran impacto negativo al medio ambiente con respecto a las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera (Ben y Ben, 2017; Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2016). De este problema ambiental ha surgido el concepto *Green Economy*, el cual ha ganado mucha importancia entre los académicos y los encargados de hacer políticas en lo que respecta a temas de producción de energía (Gasparatos *et al.*, 2017; Cao *et al.*, 2017).

El uso y producción de energía renovable no supera el 20% en el actual consumo a nivel mundial (Gasparatos *et al.*, 2017). Mientras tanto, la

demanda de energía incrementa excesivamente a causa del aumento de la población y el desarrollo industrial, por este motivo se promueven políticas económicas, ambientales y sociales orientadas a la búsqueda de nuevas formas de suplir las necesidades energéticas de la población (Kannan y Vakeesan, 2016; Peralta y Eduardo, 2011). Es por esto que ya existen varios planes liderados por algunos países, como los miembros de la UE, los cuales tienen el propósito para el 2020 de suplir con fuentes de energía renovables más del 20% de la demanda de energía eléctrica (Gasparatos *et al.*, 2017; Wahyuni *et al.*, 2015).

Algunas de las energías renovables que menor impacto provocan al medio ambiente son: la eólica, la hidroeléctrica, la bioenergía (Kannan y Vakeesan, 2016; Gasparatos *et al.*, 2017) y la energía solar, en la que se hará énfasis para explicar sus beneficios y aplicaciones.

Energía solar

La energía solar puede ser la mejor opción para el futuro de la humanidad porque es el recurso más abundante de energía renovable. El sol emite cerca de $3.8 \times 10^{23} \text{ kW}$, de los cuales aproximadamente $1.8 \times 10^{14} \text{ kW}$ son interceptados por nuestro planeta (Kannan y Vakeesan, 2016); la energía solar llega en forma de luz y calor. La mayor parte de esta se pierde debido a la dispersión, la reflexión y la absorción por las nubes. Estudios han demostrado que la demanda global de energía puede ser proporcionada por el sol (Lewis, 2007; Lúcio *et al.*, 2016). Otra razón por la cual esta es la energía del futuro es que su utilización no tiene algún impacto perjudicial para el medio ambiente y no afecta el equilibrio de los ecosistemas, comparado con la explotación de los recursos fósiles que claramente causan mucho daño (Kannan y Vakeesan, 2016; Ghasemi Mobtaker *et al.*, 2016; Lúcio *et al.*, 2016).

La energía solar aprovecha el poder del sol para generar electricidad, ya sea directamente a través de células fotovoltaicas (PV) o a través de medios de energía solar concentrada (CSP). Las tecnologías

CSP utilizan matrices de espejos que rastrean el sol y reflejan continuamente sus rayos hasta el punto heliostatos para calentar un líquido de trabajo, que luego se utiliza para generar electricidad en una turbina convencional (Zhou *et al.*, 2017; Senturk y Eke, 2017; Chandel, Nagaraju Naik, y Chandel, 2015). Otras nuevas tecnologías de energía solar utilizan también la luz solar concentrada en PV de mayor calidad y eficiencia. Generalmente, se requiere de grandes áreas para ser eficaces, mientras que los paneles solares fotovoltaicos pueden ser distribuidos y montados en cualquier superficie expuesta al sol, lo que los hace ideales para la integración en el medio ambiente urbano o cualquier otro terreno (Gasparatos *et al.*, 2017).

Los sistemas fotovoltaicos (PV) convierten la luz solar directamente en energía eléctrica sin la interposición de cualquier motor térmico. La base de la tecnología fotovoltaica se ha establecido sobre el principio de efecto fotovoltaico que fue observado por primera vez en 1839 por Edmons Becquerel. Sin embargo, fue necesario otro medio siglo para construir las células fotovoltaicas para su uso práctico. La primera práctica con celdas solares fue realizada en 1954, en Bell Telephone Laboratories por Calvin Fuller y Gerald Pearson *et al.*, 2016). Posteriormente, se realizaron más investigaciones y desarrollo de obras de tecnología fotovoltaica para suministrar energía a los satélites espaciales; además, tras la crisis energética de la década de 1970 se incrementó el interés público por la aplicación de la energía solar fotovoltaica como fuente de energía eléctrica alternativa (Olaya, Arango-Aramburo y Larsen, 2016; Islam *et al.*, 2016).

Sistemas fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada

célula solar de película fina (Aguilar, Aledo y Quiñes, 2016).

Las células fotovoltaicas que se fabrican con materiales semiconductores son el componente básico de un sistema fotovoltaico. Un número de células solares conectadas eléctricamente entre sí forman un módulo fotovoltaico. Múltiples módulos pueden ser conectados para formar un arreglo, a su vez, estos arreglos pueden ser conectados entre sí en paralelo o serie para obtener más corriente o más potencia (Islam *et al.*, 2016).

En las últimas décadas, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, especialmente en lugares con buena radiación (Yahyaoui, Chaabene, y Tadeo, 2015), gracias a que su instalación es fácil y el mantenimiento posterior es de bajo costo, lo que permite que los sistemas fotovoltaicos se usen con más frecuencia (Abella, 2016).

Componentes de sistemas PV

Bloque de generación

El bloque de generación está conformado por los paneles fotovoltaicos, donde su número y tipo de conexión existente entre ellos depende de varios factores como: el valor promedio de la insolación del lugar, la carga y la máxima potencia nominal de salida del panel (García, 2016).

Bloque de acumulación

El bloque de acumulación es la parte del sistema fotovoltaico encargado de almacenar y controlar la carga y descarga del sistema (García, 2016). Está conformado por los siguientes componentes:

1. Banco de baterías.

Por lo general son baterías de ciclo profundo, las cuales están diseñadas para soportar niveles de descarga profundos durante muchos ciclos de carga y descarga.

2. Banco de baterías.

Evita la descarga de las baterías a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida del panel PV es nulo.

3. Fusibles o llaves de protección.

Protegen las baterías y son incorporadas al sistema como un elemento de seguridad.

4. Medidor de carga.

Dispositivo que permite conocer el estado de carga del banco.

Bloque de carga

El bloque de carga está encargado de suministrar la energía producida por los paneles solares a los equipos que requieran energía eléctrica (García, 2016) y lo conforman:

5. Inversor

Su función es convertir la corriente continua proveniente de las baterías o directamente del panel en corriente alterna para su aprovechamiento.

6. Cableado

Es lo más básico del sistema y su selección tiene un rol importante en la reducción de pérdidas de energía.

Diseño de sistemas PV

El diseño óptimo de los sistemas PV es un factor muy importante en todas las instalaciones de estos. Este diseño óptimo muchas veces depende de la variable de radiación solar (Zhou *et al.*, 2017; Muhsen, Ghazali y Khatib, 2016). Varias metodologías han sido reportadas en la literatura para el dimensionamiento de los sistemas fotovoltaicos,

algunas de estas son: el diseño intuitivo, analítico y el diseño basado en métodos numéricos. El diseño por método numérico es el más efectivo y recomendado ya que parte de un diseño intuitivo el cual, por medio de cálculos, determina la configuración óptima (García, 2016; Dhiaa Halboot Muhsen *et al.*, 2016; Muhsen, Ghazali, Khatib, Abed, y Natsheh, 2016). Otro punto importante en la selección del sistema fotovoltaico es el factor económico, ya que es muy importante seleccionar la configuración más económica que satisfaga la necesidad de energía que se va a suplir con el sistema PV (Fouda, Nada y Elattar, 2016; Valer *et al.*, 2016). El gran desarrollo computacional y la tecnología han permitido realizar avances importantes en el diseño de sistemas fotovoltaicos con la ayuda del sistema de métodos numéricos, ya que itera muchas opciones las cuales son posibles soluciones al problema, y permite escoger la más óptima (García, 2016; Cao *et al.*, 2017).

Diseño para un sistema aislado

La metodología presentada a continuación es del tipo de metodología de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados que se aplica en España. Esta fue mostrada a los estudiantes del curso de energías renovables de la Universidad Politécnica de Valencia, en España, por parte del ingeniero Eugeni García (García, 2016).

Determinación del perfil de carga:

El perfil de carga nos da información sobre la simultaneidad de los consumos y sirve para calcular los sistemas de acondicionamiento de potencia y de distribución. Para hacer el perfil del consumo hay que tener en cuenta los hábitos del lugar estudiando para cada caso en concreto.

Estimación del consumo:

Es el consumo diario de energía eléctrica, el cual debe ser suministrado por el sistema fotovoltaico, y se tiene en cuenta el consumo energético de CC y AC.

$$E_{CC} = \sum \#Equip * Horas * P_{Eq} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La ecuación 1 se refiere a la estimación de consumo para equipos de CC donde #Equip es el número de equipos de las mismas características, Horas es la cantidad de horas que se prevé que esté en funcionamiento el equipo y, por último, P_{Eq} es la potencia nominal de cada equipo de CC conectado.

$$E_{AC} = \sum \#Equip * Horas * P_{Eq} \quad (\text{Ecuación 2})$$

En la ecuación 2 las variables son exactamente iguales que en la 1, solo que se aplican para los equipos de AC.

La energía total consumida por la carga es la suma de la energía consumida por los dispositivos de CC y la consumida por los dispositivos de AC.

$$E_{CargaTotal} = E_{CC} + E_{AC} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Estimación de pérdidas:

La energía que se genera por los paneles debe tomar en consideración las pérdidas de energía anticipadas en el sistema (cableado, control de carga, inversor y baterías).

$$\eta_T = \eta_B * \eta_{inv} * \eta_R * \eta_X \quad (\text{Ecuación 4})$$

- η_B : eficiencia debido al rendimiento de la batería que típicamente puede oscilar entre 75% y un 90%.
- η_{inv} : eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado (si lo hay), es decir, principalmente en instalaciones de 220 V. Los valores por defecto suelen oscilar entre el 85% y el 98%.
- η_R : eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado. Suele depender de la tecnología utilizada, pero, si no se conoce, se escoge un valor por defecto del 90%.
- η_X : eficiencia que considera las pérdidas no contempladas:

- Temperatura.
- Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- Cableado.

Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos:

Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar (considerando la estimación de pérdidas) y con base en la insolación del lugar, determinar la cantidad de paneles y la forma de conexión (serie y paralelo).

El coeficiente γ es un factor de seguridad para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico.

$$E_{gen} = \gamma \left(\frac{E_{AC}}{\eta_{TAC}} + \frac{E_{CC}}{\eta_{TCC}} \right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde E_{gen} es la energía que se va a generar con el bloque generador, γ es el factor de seguridad que suele ser 1.1, η_{TAC} y η_{TCC} son las eficiencias de cada uno de los sistemas de AC y CC y, por último, E_{AC} y E_{CC} son los consumos energéticos diarios de AC y CC.

Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos:

Si no se utiliza un regulador con seguimiento de punto de máxima potencia MPPT, el cual tiene como función determinar el punto de máxima eficiencia energética al instante en cualquier situación, deberá tenerse en cuenta que será entonces la batería la que marque la tensión del sistema.

$$E_{panel} = W_{p(T)} * HSP * \frac{V_{np}}{V_p} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde E_{panel} es la energía diaria generada por el panel, $W_{p(T)}$ es la potencia nominal o pico del panel corregida por temperatura, HSP es la hora

solar pico y, por último, V_{np} es la tensión nominal del panel y V_p es la tensión pico del panel.

$$W_{p(T)} = W_p * (1 - \Delta T * \frac{C_d}{100}) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde T es la temperatura de trabajo del panel en °C, $\Delta T = T - 25^\circ\text{C}$, que es el incremento por sobre los 25°C y, por último, C_d es el valor porcentual del coeficiente de degradación.

Determinación de la tensión nominal de la instalación:

La tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida. Se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V.

En general se recomienda:

- 12 V para potencias menores de 1.5 kW.
- 24 V o 48 V para potencias entre 1.5 kW y 5 kW.
- 48 V o 120 V para potencias mayores de 5 kW.

Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos:

1. Cantidad total de paneles

La cantidad total de paneles será la cantidad de paneles necesarios para poder abastecer a la carga.

$$N_{TP} = \frac{E_{gen}}{E_{panel}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde N_{TP} es el número total de paneles del bloque generador, E_{gen} es la energía diaria generada por el bloque y E_{panel} es la energía diaria generada por el panel.

2. Cantidad de paneles en serie

La asociación de paneles en serie se hace con el fin de aumentar la tensión del bloque generador.

$$N_{PS} = \frac{V_{nom}}{V_{np}} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde V_{nom} es la tensión nominal del sistema y V_{np} es la tensión nominal del panel.

3. Cantidad de paneles en paralelo

La asociación de paneles en paralelo se realiza con el fin de aumentar la capacidad de corriente del bloque generador una vez que la tensión nominal se alcanzó mediante la asociación de paneles en serie.

$$N_{PP} = \frac{N_{TP}}{N_{PS}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde N_{TP} es el número total de paneles del bloque generador y N_{PS} es la cantidad de paneles en serie.

Dimensionamiento del banco de baterías:

El banco de baterías deberá suministrar la energía requerida por la carga cuando no haya sol, o en días nublados. Este debe acumular la energía necesaria para alimentar la carga durante los días sin sol y durante la noche. Además, esta energía debe contemplar las pérdidas producidas por los diversos componentes.

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías se necesita definir principalmente los siguientes parámetros:

- Daut: días de autonomía con baja o nula insolación.
- PDmax: profundidad máxima de descarga de la batería, que vendría dada por el fabricante de las baterías; por defecto se escoge un valor del 60% o 80 %.
- η_D : eficiencia de descarga: debe contemplar la eficiencia de descarga de la batería, la eficiencia del inversor, la del regulador de carga en caso de que tenga salida de CC, pérdidas en cables, etc. Por defecto, puede usarse un valor del 75%.

$$C_{nb} = \frac{E_{CT} * (D_{out} + 1)}{V_{nom} * P_{Dmax} * \eta_D} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde C_{nb} es la capacidad nominal del banco de baterías en Ah/día, E_{CT} es el consumo energético diario total de la carga, D_{out} son los días de autonomía con baja o nula insolación, V_{nom} es la tensión nominal del sistema, P_{Dmax} es la profundidad máxima de descarga de la batería y η_D es la eficiencia de la descarga.

Cantidad de baterías:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} * C_{nom_banco}}{V_{nom_bat} * C_{nom_bat}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde N_{BT} es el número total de baterías del banco, C_{nom_banco} es la capacidad nominal del banco, C_{nom_bat} es la capacidad nominal de una batería, V_{nom} es la tensión nominal del sistema y V_{nom_bat} es la tensión nominal de una sola batería.

Cantidad de baterías en serie:

$$N_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{bat_nom}} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Cantidad de baterías en paralelo:

$$N_{BP} = \frac{N_{BT}}{N_{BS}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Dimensionamiento del regulador de carga:

El regulador se conecta en serie con los paneles fotovoltaicos, por lo que circulará por él la corriente generada por ellos. Como regla de diseño, la corriente nominal del regulador se elige un 20% o 25% mayor a la corriente de cortocircuito ($N_{pp} * I_{cc}$) entregada por el bloque generador o el mayor valor de la corriente de carga de continua (I_{carga_cc}).

$$I_{reg} = 1.25 * \max(N_{pp} * I_{cc} * I_{car_cc}) \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde I_{reg} es la corriente nominal del regulador, N_{pp} es el número de paneles solares en paralelo, I_{cc} es la corriente de corto circuito de

un panel fotovoltaico, $N_{pp} * I_{cc}$ es la corriente de corto circuito del bloque generador y para $\max(N_{pp} * I_{cc} * I_{car_cc})$ debe utilizarse el valor máximo entre la corriente de corto circuito del bloque generador y la demandada por la carga continua.

Dimensionamiento del inversor:

La potencia del inversor vendrá determinada en función de la potencia de los aparatos de consumo de CA, el rendimiento del mismo inversor y la simultaneidad de uso de dichos aparatos.

$$S_{inv_out} = 1.25 * S_{carCA} * FS \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$S_{inv_out} = 1.25 * \frac{P_{carCA}}{Fp} * FS \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$P_{inv_in} = 1.25 * \frac{P_{carCA}}{\eta_{inv}} * FS \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$P_{inv_in} = \frac{P_{invout}}{\eta_{inv}} * Fp * FS \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde S_{inv_out} es la potencia nominal del inversor, P_{inv_in} es la potencia de entrada del inversor, P_{carCA} es la potencia de las cargas en CA, Fp es el factor de potencia de las cargas en CA, FS es el factor de simultaneidad del consumo en CA y η_{inv} es el rendimiento del inversor.

Para tener en cuenta este hecho se aplica un factor de simultaneidad (FS), que representa la probabilidad de utilización simultánea de los aparatos de consumo de CA.

El valor de este coeficiente resulta de una estimación debida a la experiencia o a una reglamentación.

Aplicación de caso

El siguiente caso práctico de aplicación se realiza para una vivienda en Bogotá donde el consumo promedio de energía por persona está alrededor de los 1.6 KWh/día; es decir, está por encima de los 6 KWh/día para una familia de cuatro personas según los indicadores de consumo de energía eléctrica per cápita del Banco Mundial.

En este caso el sistema fotovoltaico se va a dimensionar solo para algunos electrodomésticos de la vivienda, ya que la idea no es desconectar de la red la vivienda sino apoyar con el sistema fotovoltaico el consumo energético de esta.

Los electrodomésticos son los siguientes:

1. Cinco bombillos de bajo consumo de 10 W.
2. Un computador portátil de 90 W.
3. Dos celulares de 10 W.
4. Un decodificador digital de 30 W.
5. Un televisor de 40" de 100 W.

No se prevé realizar una instalación de CC.

Se requiere una alta confiabilidad del sistema en lo que respecta a días con baja irradiancia (nublados).

Estimación del consumo:

Tabla 1. Estimación del consumo eléctrico de los electrodomésticos en Wh/día.

Dispositivo	Cantidad	Potencia(W)	Horas(h)	Consumo total(Wh/día)
bombillos	5	10	6	300
PC portátil	1	90	3	270
Decodificador digital	1	30	4	120
Celulares	2	10	2	40
Televisor	1	100	4	400
Consumo total promedio (Wh/día)				1130

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el consumo para calcular el sistema es de 1130 Wh/día.

$$E_{CargaTotal} = E_{AC} = 1130 \text{ Wh/día.}$$

Estimación de pérdidas:

- η_B : eficiencia de las baterías (80%).
- η_{inv} : eficiencia del inversor (85%).
- η_R : eficiencia del regulador (95%).

² Véase <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

- η_X : eficiencia debida a otras pérdidas (95%)

Cálculo de la eficiencia:

$$\eta_T = 0.8 * 0.85 * 0.95 * 0.95$$

$$\eta_T \approx 0.614$$

El bloque generador deberá generar 39% más energía para compensar las pérdidas.

Calculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles:

Mediante las coordenadas geográficas de Bogotá en la página de la Nasa² se obtienen los datos de insolación promedio mínima para cada mes a distintas inclinaciones. Por su ubicación cercana al ecuador, el ángulo de inclinación puede estar entre 0° y 20° en orientación al sur.

Tabla 3. Descripción del panel.

150 W Polycrystalline Silicon Solar panel		
Potencia nominal	150 W	Wp
Tencion a PN	18,5	V
Corriente a PN	8,5	A
Tencion circuito abierto	22,9	V
Corriente de corto circuito	8,757	A

Fuente: Elaboración propia.

Energía a generar por el bloque generador:

$$E_{gen} = 1.1 \left(\frac{E_{CargaTotal}}{\eta_T} \right)$$

$$E_{gen} = 1.1 \left(\frac{1130 \text{ Wh/día}}{0,614} \right)$$

$$E_{gen} \approx 2024,43 \text{ Wh/día}$$

Energía diaria generada por un panel de 150 Wp sin MPPT.

Para el cálculo se necesita conocer algunos parámetros climáticos del lugar, las horas solares pico (HSP), la potencia pico del panel (Wp) y la tensión pico (Vp).

Este cálculo se realiza dividiendo el valor de radiación solar de la peor época del año sobre 1 kW/m² y de esta forma se obtienen las horas solares pico para la producción de energía.

$$HSP = (4.5 \frac{kWh}{m^2} / día) / (1 \frac{kW}{m^2}) \approx 4.5 \text{ h/día}$$

$$Wp = 150 \text{ W}$$

$$Vp = 18.5 \text{ V}$$

$$E_{panel} = W_{p(T)} * HSP = 150W * 4.5h/día$$

$$E_{panel} = 675Wh/día$$

Energía extra de recuperación:

En este caso se considerará generar un 20% de energía extra para prevenir el riesgo de generación en días nublados.

$$E_{Extra} = \gamma_{Extra} * E_{gen}$$

$$E_{Extra} = 0.2 * 2024,43 \text{ Wh/día}$$

$$E_{Extra} \approx 404.9 \text{ Wh/día}$$

Cantidad total de paneles:

$$N_{TP} = \frac{E_{gen} + E_{Extra}}{E_{panel}}$$

$$N_{TP} = \frac{(2024.43 + 404.9)Wh/día}{675Wh/día}$$

$$N_{TP} = |4|$$

$$E_{panel} = N_{TP} * E_{panel} = N_{TP} * W_{p(T)} * HSP$$

$$E_{panel} = 4 * 150W * \frac{4.5h}{día} = 2700Wh/día$$

Dimensionamiento del banco de baterías:

Dout: días de autonomía: 3 días y 4 noches.

PDmax: profundidad máxima de descarga 80%.

η_D : eficiencia de descarga de batería 90%.

$$C_{nb} = \frac{E_{CT} * (D_{out} + 1)}{V_{nom} * P_{Dmax} * \eta_{inv} * \eta_D}$$

$$C_{nb} = \frac{1130 \text{ Wh/día}(3 + 1)}{24V * 0.8 * 0.85 * 0.9}$$

$$C_{nb} = 308 \text{ Ah}$$

Para el banco se utilizarán baterías de libre mantenimiento de 12V y 220 Ah nominal.

Tabla 4. Descripción de tiempo de vida de las baterías.

Temperatura media de funcionamiento	AGM(años)	Gel(años)
20°C	7-10	12
30°C	4	6
40°C	2	3

Fuente: Elaboración propia.

Número total de baterías:

$$N_{BT} = \frac{V_{nom} * C_{nom_banco}}{V_{nom_bat} * C_{nom_bat}}$$

$$N_{BT} = \frac{24V * 308Ah}{12V * 220Ah} = 4$$

Cantidad de baterías en serie:

$$N_{BS} = \frac{V_{nom}}{V_{bat_nom}}$$

$$N_{BS} = \frac{24V}{12V} = 2$$

Cantidad de baterías en paralelo:

$$N_{BP} = \frac{N_{BT}}{N_{BS}}$$

$$N_{BP} = \frac{4}{2} = 2$$

Máxima corriente de carga y descarga del banco:

A continuación, se calculará la corriente máxima de carga C_5 y de descarga C_{20} para el banco de baterías calculado.

$$C_{\max_car} = N_{BP} * C_5 = 2 \frac{220Ah}{5h}$$

$$C_{\max_des} = 88 A$$

$$C_{\max_des} = N_{BP} * C_{20} = 2 \frac{220Ah}{20h}$$

$$C_{\max_des} = 22 A$$

Dimensionamiento del regulador de carga MPPT:

La potencia del generador fotovoltaico puede exceder la máxima potencia de entrada del mismo. En este caso, el regulador limitará dicha potencia, proporcionando la corriente nominal máxima especificada por el fabricante, de esta forma el dispositivo no sufrirá ningún daño. Una de las características de los reguladores MPPT es que tienen su punto de máxima eficiencia al trabajar en potencias cercanas a las nominales. Como el costo de los reguladores se incrementa con la potencia nominal del mismo, dimensionar un regulador basado en la potencia pico del generador conlleva un gasto innecesario.

Para el dimensionamiento del regulador de carga es necesario tener en cuenta la potencia pico

del generador fotovoltaico y la tensión nominal del banco de baterías:

- Tensión nominal del banco de baterías: 24 V.
- Potencia pico del generador fotovoltaico: 600 Wp (4 x 150 Wp).
- Tensión del circuito abierto de los paneles fotovoltaicos: 22.9 V.

Tabla 5. Selección del regulador MTTP.

Electrical TS-MPPT-45		
Maximun Battery Current	45 A	
Nominal Maximun Solar impuit	12 V	600 W
	24 V	1200 W
	48 V	2400 W
Max. Solar Open circuit	150 V	

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizará un regulador MPPT de 45A nominal y 1200 Wp de potencia nominal, funcionando con un banco de baterías de 24 V nominal.

$$V_{in} = 1,25 * N_{PS} * V_{OC}$$

$$V_{in} = 1,25 * 4 * 22,9$$

$$V_{in} = 114,5 V$$

Para este caso, la máxima tensión de entrada no excede la máxima tensión de entrada del regulador de carga especificada por el fabricante (150 V).

Máxima corriente de carga y descarga:

El consumo de potencia total de la carga estará dado por la suma de potencia (nominal) de todos los componentes eléctricos en régimen permanente y tiene un valor de 290 W.

$$I_{Des_bat} = 1.25 \frac{P_{Car_CA}}{V_{nom} * \eta_{inver}}$$

$$I_{Des_bat} = 1.25 \frac{290 W}{24 V * 0.85} \approx 14.2 < 22A$$

La máxima corriente de carga podrá calcularse con base en la potencia nominal del regulador para un banco de baterías de 24 V.

$$I_{Carga} = \frac{P_{Reg}}{V_{min_bat}}$$

$$I_{Carga} = \frac{1200 W}{21 V} \approx 51.14 A < 88 A$$

En este caso, ni la corriente de carga ni la de descarga superan los valores de C20 y C5 del banco de baterías respectivamente.

Dimensionamiento del inversor:

Se utilizará un FP = 0.8 y un FS = 1, esto debido a que podrían usarse todos al tiempo.

$$S_{inv_out} = 1.25 * S_{carCA} * FS = 1.25 * \frac{P_{carCA}}{Fp} * FS$$

$$S_{inv_out} = 1.25 * \frac{290 W}{0.8} * 1 = 453.2 VA$$

$$I_{pico_carga} = \frac{290 W}{220 V} \approx 1.4 A$$

Tabla 6. Características del inversor.

Inversor TGP 24-600 de 600VA	
Maxima Corriente	11A
Energia continua	600 W
Eficiencia MAX	92%

Fuente: Elaboración propia.

Esquema del sistema:

- Cuatro paneles de 150 W.
- Un regulador de carga de 45 A nominal con MPPT.

- Inversor de 24V y 600 VA.
- Cuatro baterías de 220 Ah.

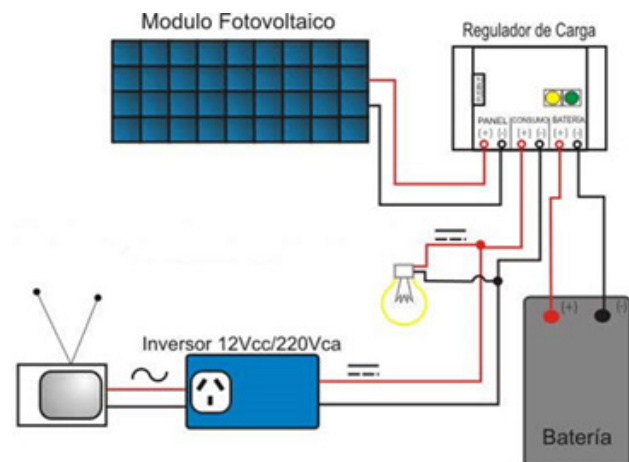


Figura 1. Esquema del sistema.

Fuente: Elaboración propia.

Estimación de costos

Los costos de instalación de un proyecto de energía fotovoltaica se ven representados por porcentajes en el siguiente esquema:

Tabla 8. Costo total de los principales componentes del sistema.

Componente	Porcentaje
Paneles solares	22%-30%
Baterías	19%-35%
Inversor	10%-24%
Regulador de carga	6%-9%
Materiales eléctricos	2,5%-5%
Montaje mecánico	5%-9%
Obra civil	3%-15%
Ingeniería y planificación	3%-14%
instalación	10%-15%
otros	0%-2%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 7 presenta los porcentajes relativos de costo de una instalación fotovoltaica, brindada por los conocimientos del ingeniero Eugeni García, docente de ingeniería electrónica de la

universidad Politécnica de Valencia en España. Se puede apreciar que la mayor parte de la inversión está en la adquisición de los paneles, el inversor, el regulador de carga MPPT y las baterías.

El coste real del proyecto varía con respecto a la selección de equipos, la aplicación y lugar en el cual se instale. Es por esta razón que los sistemas de montaje dependen del lugar de instalación del proyecto y de esto que el precio final de la instalación se acerque al costo de la adquisición de los principales sistemas eléctricos y electrónicos del proyecto; o, por otro lado, se trate de una instalación que requiera demasiada obra civil y el montaje de los paneles demande un sistema de anclaje especial para el lugar en el cual se van a instalar.

El porcentaje de los costos de instalación que corresponden a la obra civil y montaje mecánico hace referencia específicamente a lo que corresponde a adecuación del lugar y estructura, respectivamente, sobre la cual se hará el montaje del sistema fotovoltaico. Como el costo real de esta parte corresponde a un valor el cual podría ser exclusivo para cada proyecto, dadas las condiciones del lugar y en el cual se hará la instalación, no se presentan los valores de obra civil y montaje

mecánico para realizar los cálculos de retorno de inversión.

Basado en cálculos de PRI (Periodo de retorno de inversión), en el cual se hacen las siguientes estimaciones: la instalación del sistema fotovoltaico es realizado en la ciudad de Bogotá donde el precio de kW/h de energía es vendido a 450.50 COP, decimos que el precio total del proyecto de energía fotovoltaica es de cinco millones de pesos. También realizamos el cálculo basándonos en la factura de energía de una vivienda donde el consumo promedio es de 169 kWh/mes, además, según los cálculos de los paneles seleccionados el sistema es capaz de proveer 81 kWh/mes, pero solo se van a aprovechar realmente 34 kWh/mes los cuales son el consumo mensual de los elementos conectados al sistema, entonces podemos decir que vamos a dejar de pagar (34 kWh/mes) x(450.50 COP)= 15.317 COP al mes con una instalación de este tipo.

También, conociendo que al término de 10 años hay que realizar un cambio de baterías, lo cual genera otra inversión en el periodo de funcionamiento del proyecto, se realizan los cálculos de la siguiente manera:

Tabla 8. Costo total de los principales componentes del sistema.

componentes	Descripción	Precio unidad	Precio Total
Paneles Solares	150 W Polycrystalline Silicon Solar panel	375000	1500000
Baterías	Batería GEL Victron 12V 220 Ah	520000	2080000
Inversor	Inversor TGP 24-600 de 600VA	540000	540000
Regulador MPPT	Electrical TS-MPPT-45	300000	300000
Total			4420000

Fuente: Elaboración propia.

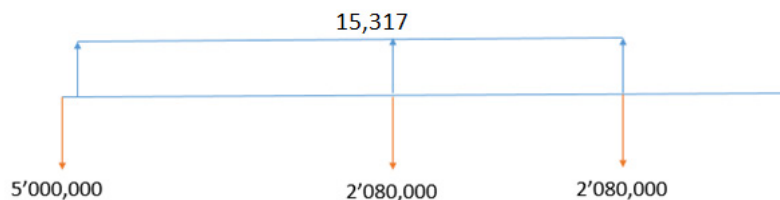


Figura 2. Flujo de caja del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

De los cálculos de PRI obtenemos que para el periodo de instalación del sistema fotovoltaico, correspondiente a 25 años, en los cuales se hace respectivamente el cambio de baterías a los 10 y 20 años, los cuales generan otras dos inversiones correspondientes al valor de adquisición de las baterías, luego de los 25 años no se logra recuperar la inversión, por el contrario nos encontramos con que al final del periodo de instalación del sistema existe un déficit correspondiente por un poco menos de 3 millones de pesos los cuales corresponden al valor de inversión de los cambios de baterías en los dos periodos contemplados. Por otro lado, hay que contemplar los costos de mantenimiento que un sistema como este requiere, el cual se reduce a la limpieza de los paneles y red eléctrica del sistema. Así, el costo de mantenimiento contemplando estos dos factores no es muy elevado, sin embargo, se debe tener en cuenta ya que uno de los factores de eficiencia para el correcto funcionamiento de los paneles depende de que la superficie de los paneles esté limpia.

Conclusiones

Con los resultados obtenidos de los cálculos realizados para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el cual está diseñado para una vivienda ubicada en Bogotá, es posible observar que sí es viable desde el punto de vista técnico implementar dicho sistema. Con los datos obtenidos de la radiación de la ciudad fue posible dimensionar un sistema el cual, aunque es un poco robusto debido a que el diseño está basado en el peor dato de radiación solar que llega a la ciudad (la cantidad de horas pico de sol y el tiempo de autonomía del sistema), se trata de un sistema confiable ya que proporciona la energía necesaria para tres días y cuatro noches de autonomía sin recibir radiación solar durante este periodo.

El dimensionamiento del sistema solar tiene gran cantidad de variables, las cuales están a disposición del diseñador, por lo cual la elección de estos componentes debe hacerse teniendo en

cuenta las necesidades de diseño y, adicionalmente, hay que tener en cuenta el aspecto económico del proyecto. Ya que podemos tener infinitas configuraciones del sistema dependiendo, por ejemplo, de los paneles solares que escojamos, ya que el precio de los paneles se eleva considerablemente a medida que sea más grande el valor de potencia nominal.

Además de esto, se debe considerar el mantenimiento del sistema de producción de energía fotovoltaica. Donde tenemos que los paneles solares están contruidos para una duración de 25 años y no necesitan mayor cuidado que la limpieza de polvo. Por otro lado, están las baterías, las cuales tienen un tiempo de vida promedio de 10 años, lo que quiere decir que, aunque los paneles duren 25 años, las baterías tendrán que ser reemplazadas por unas nuevas luego de 10 años de uso. Con el resto de sistemas eléctricos y electrónicos es pertinente saber que van a tener algún tipo de desgaste y que por esta degradación de los componentes se pierde la eficiencia que se tiene al principio de la instalación.

Por último, de la estimación de costos se concluye que un proyecto de este tipo, donde transcurren los 25 años previstos de funcionamiento, en ningún momento cabe la posibilidad de recuperar la inversión inicial, mucho menos de generar un ingreso proporcionado por la implementación de este sistema. Tenemos que no es viable el proyecto desde el punto de vista económico, ya que lo que va a generar realmente es un gasto adicional. Pero si lo que se está buscando realmente es contribuir con el cambio climático, como se pudo apreciar, es posible implementar algún tipo de sistema fotovoltaico en la ciudad de Bogotá y de esta forma suplir a la población con una parte de la energía eléctrica que se consume.

Referencias

Abella, M. A. (2016). 13. *Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos: Otros métodos de dimensionado de sistemas FV autónomos*. Centro

- de investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Departamento de Energía Renovables, Cimat. Recuperado de: http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf
- Aguilar, F. J., Aledo, S. y Quiles, P. V. (2016). Experimental study of the solar photovoltaic contribution for the domestic hot water production with heat pumps in dwellings. *Applied Thermal Engineering*, 101, 1-11. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.01.127.
- Al-Shohani, W. A. M., Al-Dadah, R. y Mahmoud, S. (2016). Reducing the thermal load of a photovoltaic module through an optical water filter. *Applied Thermal Engineering*, 109, 475-486. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.08.107.
- Ben, M. y Ben, S. (2017). The role of renewable energy and agriculture in reducing CO₂ emissions: Evidence for North Africa countries. *Ecological Indicators*, 74, 295-301. Doi: 10.1016/j.ecolind.2016.11.032.
- Cao, Y., Liu, C., Huang, Y., Wang, T., Sun, C. y Yuan, Y. (2017). Parallel algorithms for islanded microgrid with photovoltaic and energy storage systems planning optimization problem: Material selection and quantity demand optimization. *Computer Physics Communications*, 211, 45-53. Doi: 10.1016/j.cpc.2016.07.009.
- Chandel, S. S., Nagaraju Naik, M. y Chandel, R. (2015). Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 1084-1099. Doi: 10.1016/j.rser.2015.04.083.
- Fouda, A., Nada, S. A. y Elattar, H. F. (2016). An integrated A/C and HDH water desalination system assisted by solar energy: Transient analysis and economical study. *Applied Thermal Engineering*, 108, 1320-1335. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.08.026.
- García, M. E. (2016). Energía solar fotovoltaica aislada. *Applied Solar Energy, curso de energías renovables*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado de: www.cursofotovoltaica.com
- Gasparatos, A., Doll, C. N. H., Esteban, M., Ahmed, A. y Olang, T. A. (2017). Crossmark. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 161-184. Doi: 10.1016/j.rser.2016.08.030.
- Ghasemi Mobtaker, H., Ajabshirchi, Y., Ranjbar, S. F. y Matloobi, M. (2016). Solar energy conservation in greenhouse: Thermal analysis and experimental validation. *Renewable Energy*, 96, 509-519. Doi: 10.1016/j.renene.2016.04.079.
- Islam, M. M., Pandey, A. K., Hasanuzzaman, M. y Rahim, N. A. (2016). Recent progresses and achievements in photovoltaic-phase change material technology: A review with special treatment on photovoltaic thermal-phase change material systems. *Energy Conversion and Management*, 126, 177-204. Doi: 10.1016/j.enconman.2016.07.075.
- Kannan, N. y Vakeesan, D. (2016). Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105. Doi: 10.1016/j.rser.2016.05.022.
- Lewis, N. S. (2007). Toward Cost-Effective Solar Energy Use. *Science*, 315(5813), 798-801. Doi: 10.1126/science.1137014
- Lúcio, G., Filho, T., Adriano, C., Mambeli, R., Felipe, I., Dos, S. y Braga, G. (2016). Solar Energy Materials & Solar Cells Study of the energy balance and environmental liabilities associated with the manufacture of crystalline Si photovoltaic modules and deployment in different regions. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 144, 383-394. Doi: 10.1016/j.solmat.2015.09.023.
- Muhsen, D. H., Ghazali, A. B. y Khatib, T. (2016). Multiobjective differential evolution algorithm-based sizing of a standalone photovoltaic water pumping system. *Energy Conversion and Management*, 118, 32-43. Doi: 10.1016/j.enconman.2016.03.074.
- Muhsen, D. H., Ghazali, A. B., Khatib, T., Abed, I. A. y Natsheh, E. M. (2016). Sizing of a

- standalone photovoltaic water pumping system using a multi-objective evolutionary algorithm. *Energy*, 109, 961-973. Doi: 10.1016/j.energy.2016.05.070.
- Olaya, Y., Arango-Aramburo, S. y Larsen, E. R. (2016). How capacity mechanisms drive technology choice in power generation: The case of Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56, 563-571. Doi: 10.1016/j.rser.2015.11.065.
- Peralta, R. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare. Tesis de Maestría en Desarrollo Rural, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana.
- Rosso-Cerón, A. M. y Kafarov, V. (2015). Barriers to social acceptance of renewable energy systems in Colombia. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 10, 103-110. Doi: 10.1016/j.coche.2015.08.003.
- Senturk, A. y Eke, R. (2017). A new method to simulate photovoltaic performance of crystalline silicon photovoltaic modules based on datasheet values. *Renewable Energy*, 103, 58-69. Doi: 10.1016/j.renene.2016.11.025.
- Valer, L. R., Melendez, T. A., Fedrizzi, M. C., Zilles, R. y de Moraes, A. M. (2016). Variable-speed drives in photovoltaic pumping systems for irrigation in Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 15, 20-26. Doi: 10.1016/j.seta.2016.03.003.
- Wahyuni, N. S., Wulandari, S., Wulandari, E. y Pamuji, D. S. (2015). Integrated Communities for the Sustainability of Renewable Energy Application: Solar Water Pumping System in Banyumeneng Village, Indonesia. *Energy Procedia*, 79, 1027-1032. Doi: 10.1016/j.egypro.2015.11.604.
- Yahyaoui, I., Chaabene, M. y Tadeo, F. (2015). Evaluation of Maximum Power Point Tracking algorithm for off-grid photovoltaic pumping. *Sustainable Cities and Society*, 25, 65-73. Doi: 10.1016/j.scs.2015.11.005.
- Zhou, J., Zhang, Z., Liu, H. y Yi, Q. (2017). Temperature distribution and back sheet role of polycrystalline silicon photovoltaic modules. *Applied Thermal Engineering*, 111, 1296-1303. Doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.10.095.





EnBovinOs: Diseño de una red de ontologías en el dominio de las enfermedades bovinas

EnBovinOs: Design of a network of ontologies in the field of bovine diseases

InBovinOs: Projeto de uma rede de ontologias no domínio das doenças das vacas

Javier Antonio Ballesteros-Ricaurte¹

Ángela María González-Amarillo²

Gustavo Cáceres-Castellanos³

Recibido: mayo de 2017

Aceptado: agosto de 2017

Para citar este artículo: Ballesteros-Ricaurte, J.A., González-Amarillo, Á.M., y Cáceres-Castellanos, G. (2017). EnBovinOs: Diseño de una red de ontologías en el dominio de las enfermedades bovinas. *Revista Científica*, 30 (3), 278-288. **Doi:** <https://doi.org/10.14483/23448350.12472>

Resumen

Este artículo presenta el proceso de desarrollo de la red de ontologías: especificación de requisitos, la aplicación de la Metodología NeOn, la reutilización de recursos ontológicos y no ontológicos, aplicado al conocimiento de enfermedades en bovinos. Para el proceso de desarrollo de la red de ontologías, se contó con el apoyo de médicos veterinarios, expertos en Mastitis Bovina que aportan su conocimiento; utilizando herramientas informáticas y tecnologías, teniendo en cuenta que el desarrollo cumpla con las características, y que de la integración de los diferentes recursos se obtenga EnBovinos. Aplicando diferentes escenarios de la metodología, se encuentran recursos que se pueden reutilizar y de la misma forma entregar una red de ontologías que se pueda utilizar en otros proyectos.

Palabras clave: Enfermedades de los Bovinos; Ontologías; Metodología; Mastitis

Abstract

In the field of veterinary medicine, terminology management is not standardized, because different actors intervene, generating inconveniences in the information consultation and in the processes of information collection and diagnosis of diseases. This paper presents the process of developing the ontology network: specification of requirements, application of NeOn Methodology, reuse of ontological and not - ontological resources, applied to knowledge of diseases in cattle. For the process of development of the network of ontologies, we counted on the support of veterinary doctors, experts in Mastitis Bovina that contribute their knowledge; Using computer tools and technologies, taking into account that the development meets the characteristics and that the integration of the different resources is obtained EnBovinos. Applying different scenarios of the methodology, there are resources that can be

¹. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: javier.ballesteros@uptc.edu.co
². Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Tunja, Colombia. Contacto: angela.gonzalez@unad.edu.co
³. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia. Contacto: gustavo.caceres@uptc.edu.co

reused and in the same way to deliver a network of ontologies that can be used in other projects.

Keywords: Disease of cattle; Ontology; Methodology; Mastitis

Resumo

Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento da rede de asologias: especificação dos requisitos, a aplicação da Metodologia NeOn, a reutilização de recursos humanos e não ontológicos, verificou-se o conhecimento de doenças em bovinos. Para o processo de desenvolvimento da red de asologias, se conto com o apoio de médicos veterinários, peritos em Mastição Bovina que aportan su conocimiento; use ferramentas informáticas e tecnologías, tendo em conta o desenvolvimento com as características e a integração dos diferentes recursos se obtenga EnBovinos. Aplicando diferentes escenarios de metodologia, se encontram recursos que podem ser reutilizados e de a mesma formando uma transmissão de imagens em rede.

Palavras-chaves: Enfermedades de los Bovinos; Ontologías; Metodología; Mastite.

Introducción

Los sistemas autónomos son cada vez más utilizados en una gran variedad de dominios. Dichos sistemas hacen uso de las ontologías, las cuales son mayormente exploradas por su complejidad, entendiendo estas como “una especificación formal, explícita de una conceptualización compartida”, donde la conceptualización hace referencia a una visión abstracta y simple del mundo que se desea representar, una representación del conocimiento basada en objetos, conceptos y entidades que existen en el área de estudio, y las relaciones que existen entre ellas. Una ontología es formal si puede ser comprensible por una máquina, y si el conocimiento que captura tiene el consenso de la comunidad (Aranda y Ruiz, 2005).

Una de las áreas de aplicación de las ontologías es en veterinaria, particularmente en la detección de enfermedades, en lo cual se centra el presente trabajo, puntualmente en lo concerniente a la mastitis-Bovina, la cual es una respuesta inflamatoria

de la glándula mamaria a una agresión que ejerce un gran impacto en la producción animal, bienestar animal y la calidad de la leche producida (Fernández *et al.*, 2012). El estudio se hará haciendo uso de la metodología NeOn para la construcción de la red de ontologías la cual es basada en escenarios y se apoya en los aspectos de colaboración de desarrollo de ontologías y la reutilización (Ontology Engineer in Group, 2015).

Son diversos los trabajos relacionados a las enfermedades de bovinos y cómo estas afectan a la economía de una región, en (Romero, Villamil, y Pinto, 1999), se menciona lo importante que es hoy en día, en Sudamérica, el sector ganadero, presentando la importancia de los servicios de sanidad animal. Así mismo, se expone la realización de un estudio de caso en la sabana de Bogotá en donde la mastitis se ha catalogado como una de las enfermedades de mayor impacto en los sistemas productivos, generando una disminución en la producción de leche y en su calidad.

Una ontología en el dominio de la higiene de los productos cárnicos, para que la información que estaba dispersa ahora se encontrará organizada, para que luego se pudiese utilizar en un proceso de capacitación en los establecimientos donde los manipulan. En este se muestra la metodología usada para desarrollar la ontología, la cual fue hecha en Protégé 4.0 y muestra resultados de pruebas que se realizaron a expertos en el sector, las cuales salieron satisfactorias (Cañete Betancourt, López Padrón, Sánchez Pellitero y Noda Cuellar, 2015).

También se describen las prácticas de cría y procesamiento de leche en diferentes comunidades de ganado bovino de Camerún y el conocimiento de la tuberculosis bovina en comparación con otras enfermedades infecciosas. El trabajo de gestión de conocimiento que se realizó se encontró que las prácticas actuales de ganadería hacen que el control de la tuberculosis en ganado sea un desafío. La prueba de rutina y el control de la matanza en los rebaños lecheros serían manejables, pero tendrían un impacto profundo en los medios de subsistencia de los productores lecheros (Kelly, *et al.*, 2016).

Con respecto al desarrollo de ontologías no se han realizado alrededor del tema que se está abordando, las enfermedades de los bovinos. Es importante conocer las enfermedades de los bovinos, como se deben controlar, y cómo los afectan en cuanto a la producción de leche, en particular la mastitis bovina, siendo esta una inflamación de la glándula mamaria (Andrade-Becerra, *et al.*, 2014).

Especificación de Requisitos

El objetivo de la especificación de requisitos de la ontología es establecer la razón de ser de la ontología que se va a construir, cuáles van a ser sus usos y usuarios previstos, y que requisitos debe satisfacer dicha ontología (Villazón-Terrazas, *et al.*, 2011). Siguiendo los pasos de la metodología NeOn (Suarez-Figueroa, 2010), en la Tabla 1 se describen los aspectos principales, relacionados con el propósito y alcance de la red de ontologías:

Para construir la red de ontologías, se debe especificar los requisitos, incluyendo información sobre el propósito, el alcance, los usuarios y usos previstos, y el lenguaje de implementación, tal y como se presenta en la Tabla 2.

Desarrollo de la red de ontologías

Las ontologías se aplicaban en su principio de manera independiente, para cada una de ellas se

debía crear una red de abstracción propia (Helmy, Al-nazer, Al-bukhitan y Iqbal, 2015), para mayor efectividad se crean redes de ontologías el cual permite organizarlas en linajes estructuralmente similares (Ochs, *et al.*, 2016). Lo anterior con el fin de obtener un rendimiento óptimo ya que estas interactúan en tiempo real con su entorno y permiten que su ejecución sea de bajo consumo computacional.

La red de ontologías realiza un trabajo coordinado de componentes de procesamiento de eventos centrados en la red, cada uno de los cuales proporciona una información única de procesamiento de conocimiento, de eventos y de conocimiento de dominio (Mayer *et al.*, 2014).

Desarrollo de red de ontologías EnBovinOs desde la especificación hasta la implementación, es el escenario que encierra todo el proceso de creación, siguiendo los pasos de la Metodología NeOn, se utilizan diferentes escenarios que se describen a continuación:

Desarrollo de redes de ontologías mediante reutilización de recursos ontológicos: según la metodología se deben buscar ontologías disponibles como solución en diferentes problemas; este proceso de reutilización de ontologías se debe organizar teniendo en cuenta el tipo de ontología que se pueda reutilizar.

Para este proyecto, se tienen en cuenta dos tipos de ontologías: generales y de dominio.

Tabla 1. Dominio y alcance de la red de ontologías.

Dominio	Representación de enfermedades en bovinos de propósito lechero
Propósito	Construir una red de ontologías que representa la información relacionada a la clasificación de enfermedades en ganado bovino teniendo como base la clasificación de la Organización Mundial de Sanidad Animal (Oficina Internacional de Epizootias - OIE), caso de aplicación Mastitis – Bovina.
Alcance	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las enfermedades sin control oficial? • ¿Cuáles son las enfermedades de control oficial? • ¿Cuántas enfermedades de control oficial existen? • ¿Cuáles son los factores de riesgo para diagnosticar la Mastitis Bovina? • ¿Cuáles son las enfermedades vacunas sin control oficial? • ¿Cuáles son los síntomas de la Mastitis Bovina?

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Especificación de requisitos de la ontología.

PROPÓSITO

El propósito de la red de ontologías EnBovinOs, en torno a las enfermedades bovinas según la Organización Mundial de Sanidad Animal, es estandarizar la información relacionada a las enfermedades para que médicos veterinarios, zootecnistas y productores lácteos, manejen la información. Esta red de ontología debe proveer información en castellano e inglés.

ALCANCE

El alcance de la ontología comprende: Especies bovinas, Enfermedades, enfermedades de control oficial, enfermedades sin control oficial, ubicación geográfica (Colombia), caso de aplicación Mastitis Bovina (tipo de mastitis, diagnóstico, signos clínicos, prevención, tratamiento, entre otros).

LENGUAJE DE IMPLEMENTACIÓN

La implementación de la red de ontologías se debe hacer en lenguaje OWL.

USUARIO PREVISTOS

- Médicos veterinarios
- Zootecnistas
- Estudiantes de programas de medicina veterinaria y afines
- Productores lácteos

USOS PREVISTOS

- Almacenar y editar información sobre enfermedades bovinas
- Almacenar y editar información sobre el contexto de la enfermedad
- Almacenar información de resultados donde esta la enfermedad

REQUISITOS

Requisitos no Funcionales:

- La ontología debe ser modular
- El idioma de la red de ontologías es en español
- Multilingüe: la red de ontologías debe soportar un escenario multilingüe, con idiomas como el inglés (Villazón-Terrazas, Ramírez, Suárez-Figueroa y Gómez-Pérez, 2011)

Requisitos Funcionales: para determinar los funcionales, hay que hacer varias preguntas, que se trabajan con los expertos del tema.

- Las enfermedades deben ser las oficiales por la Organización Mundial de Sanidad Animal
- ¿Cuáles son los síntomas de una enfermedad?
- ¿Cuáles son los factores de riesgo de una enfermedad?
- ¿Cuáles son los signos clínicos de la enfermedad?
- ¿Cuál es el tratamiento que se debe seguir?

PRE-GLOSARIO DE TÉRMINOS

Fuente: Elaboración propia.

Ontologías Generales: que proporcionan conceptualizaciones de temas generales y representan conocimiento reutilizable en diferentes dominios. La ontología geopolitical.owl donde su centro es la representación de conocimiento de los países que hacen parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, se reutilizó para representar las ciudades, departamentos y

distritos de Colombia, donde se hace el estudio de la Mastitis Bovina.

Teniendo en cuenta las necesidades de la red de ontologías EnBovinOs, se inicia con el análisis de la información que se necesita dejar para armar la red de ontologías. Se renombra la ontología como GeoRegional.owl, para realizar poda, ya que la ontología maneja información de muchos países, y para este caso se necesita solo información sobre

Colombia. Se debe personalizar la ontología, enriqueciéndola con información sobre departamentos, ciudades, distritos, latitud y longitud de las ciudades, para lograr ubicar información donde se presentan enfermedades bovinas, caso de estudio Mastitis – Bovina.

Para realizar la integración de la ontología de regiones GeoRegional.owl (figura 1) en la red de ontologías EnBovinOs, se ha creado una ontología principal “EnfermedadesBovinas”, donde se realiza la importación de la ontología.

Dominio que proporciona conocimiento sobre dominio específico. Son útiles cuando se está desarrollando otra ontología que represente el mismo dominio. En este paso se buscaron ontologías relacionadas con el tema de enfermedades en bovinos, pero no se encontraron. Siguiendo la metodología NeOn, se realiza una búsqueda con temas muy similares, para encontrar las ontologías de dominio más adecuada para el desarrollo de la red de ontologías.

En la búsqueda de ontologías de dominio se utilizaron motores de búsqueda, repositorios de ontologías, utilizando términos como: enfermedad,

bovinos, vacas, entre otros; pero no dieron resultado. Se encontraron ontologías relacionadas con temas de peces. Las ontologías encontradas son:

- species_ISSCAAP.owl
- species_taxonomic.owl

Estas dos ontologías no cumplen con los términos de dominio de la red de ontologías EnBovinOs, pero siguiendo la metodología se pueden reutilizar realizando algunos procesos; realizando poda de términos y clases que no son del dominio y enriqueciendo la ontología con terminología de bovinos se creó la ontología “EspeciesBovinas”, Figura 2.

Para realizar pruebas se toma como caso de estudio la enfermedad Mastitis – Bovina, que no se encuentra ninguna ontología publicada. Siguiendo con la reutilización de recursos ontológicos, se tiene la ontología OntoMastitis.owl desarrollada en (Ballesteros-Ricaurte, González-Sanabria y Cáceres-Castellanos, 2016), que cumple con los términos del dominio debido a que proporciona los vocabularios sobre

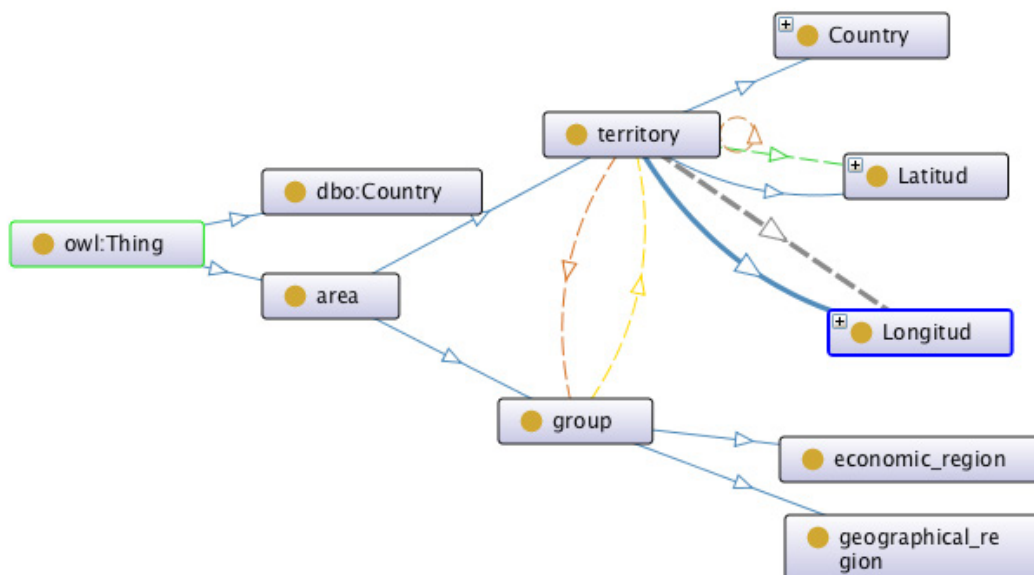


Figura 1. Modelo de clases de la Ontología GeoRegional.owl.

conceptos asociados al dominio de enfermedades bovinas; en este caso no es necesario realizar ningún tipo de modificación a OntoMastitis, ya que la ontología tiene un propósito y alcance similar a la ontología que se quiere desarrollar; en la Figura 3 se muestra la relación de clases que tiene la ontología.

En la Figura 4 se presenta el esquema general de la integración de las ontologías GeoRegional, EspeciesBovinas y OntoMastitis en la red de ontologías EnfermedadesBovinas, y sus relaciones. Adicionalmente, en la Figura 5 se muestra la integración de las ontologías en la red de ontologías EnBovinOs desde OntoGraf de Protégé.

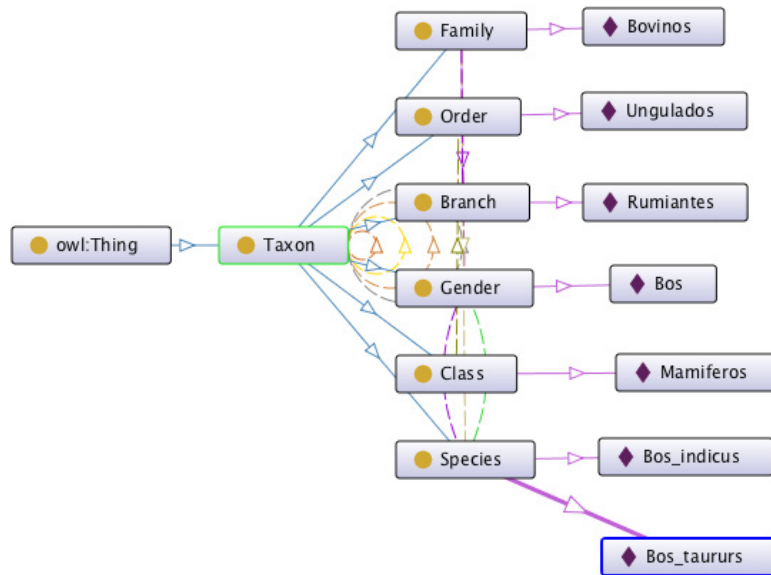


Figura 2. Modelo de clases de la Ontología EspeciesBovinas.owl.

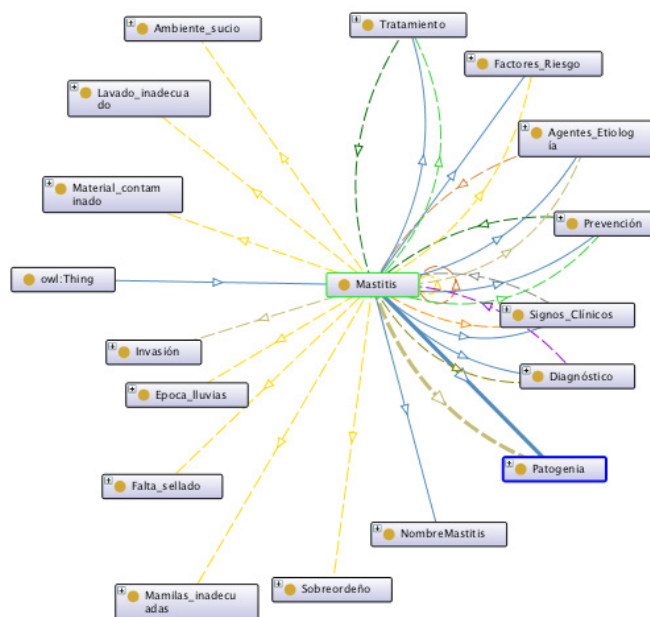


Figura 3. Modelo de clases de la Ontología OntoMastitis.owl.

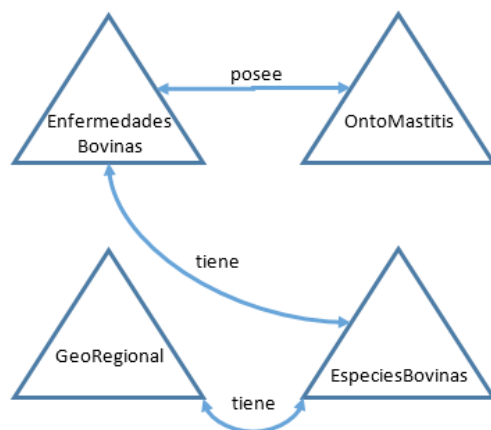


Figura 4. Red de ontologías EnBovinOs.

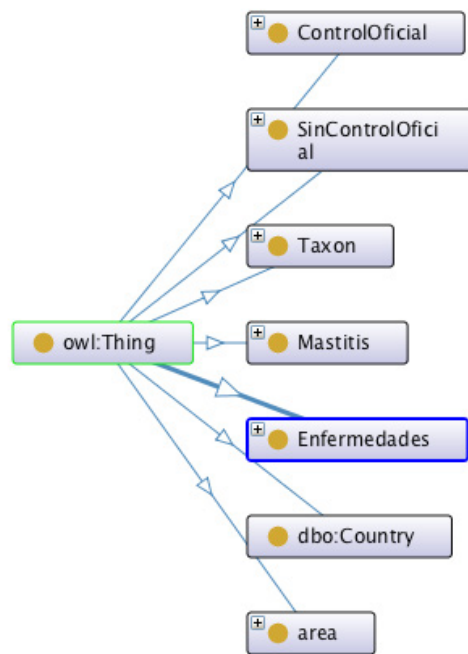


Figura 5. Modelo de clases de la Ontología EnfermedadesBovinas.owl.

Desarrollo de redes de ontologías mediante la re-utilización de recursos no ontológicos

Se describen los recursos no ontológicos reutilizados para la red de ontologías EnBovinOs. Inicialmente se realiza revisión en diferentes sitios buscando información sobre enfermedades en bovinos, razas de bovinos y las relaciones

que hay en ciudades del departamento de Boyacá. A continuación, se lista la clasificación de localización geográfica que se ha encontrado:

- ISO 3166: se encuentran los códigos de los países definidos en el estándar ISO 3166; para este caso se toma Colombia y sus departamentos (Online Browsing Platform, 2016).

- Información del departamento de Boyacá y sus municipios (Portal de alcaldes y gobernadores de Colombia, 2015).
- Definición de ciudad para unificar el estándar (<http://dbpedia.org/ontology/country>).
- Utilización de Tesaurus de la UNESCO, para definir Enfermedad Animal (<http://vocabularies.unesco.org/thesaurus/concept2396>).

Visión general del desarrollo de la red de ontologías EnBovinOs

Se muestra una visión global del desarrollo de la red de ontologías EnBovinOs, teniendo en cuenta que se utilizaron algunos de los escenarios planteados en la Metodología NeOn; en la Figura 6 se muestran los escenarios que se tuvieron en cuenta para el desarrollo.

Implementación

La implementación de la red de ontologías EnBovinOs se llevó a cabo con Protégé teniendo en cuenta el modelo conceptual descrito en este documento. La fase de evaluación de la ontología desarrollada sirve para establecer si la ontología cumple con los requisitos establecidos en la fase de inicio. Principalmente esta evaluación se corresponde con el análisis de las respuestas a las preguntas de competencia. Estas repuestas se han obtenido de los expertos médicos veterinarios. Sin embargo, en este trabajo se ha añadido a la evaluación de la ontología la comprobación de la misma mediante razonadores de lógica descriptiva. En este caso, se ha utilizado el razonador de Protégé Hermit1.3.8.413 para comprobar la consistencia de la ontología.

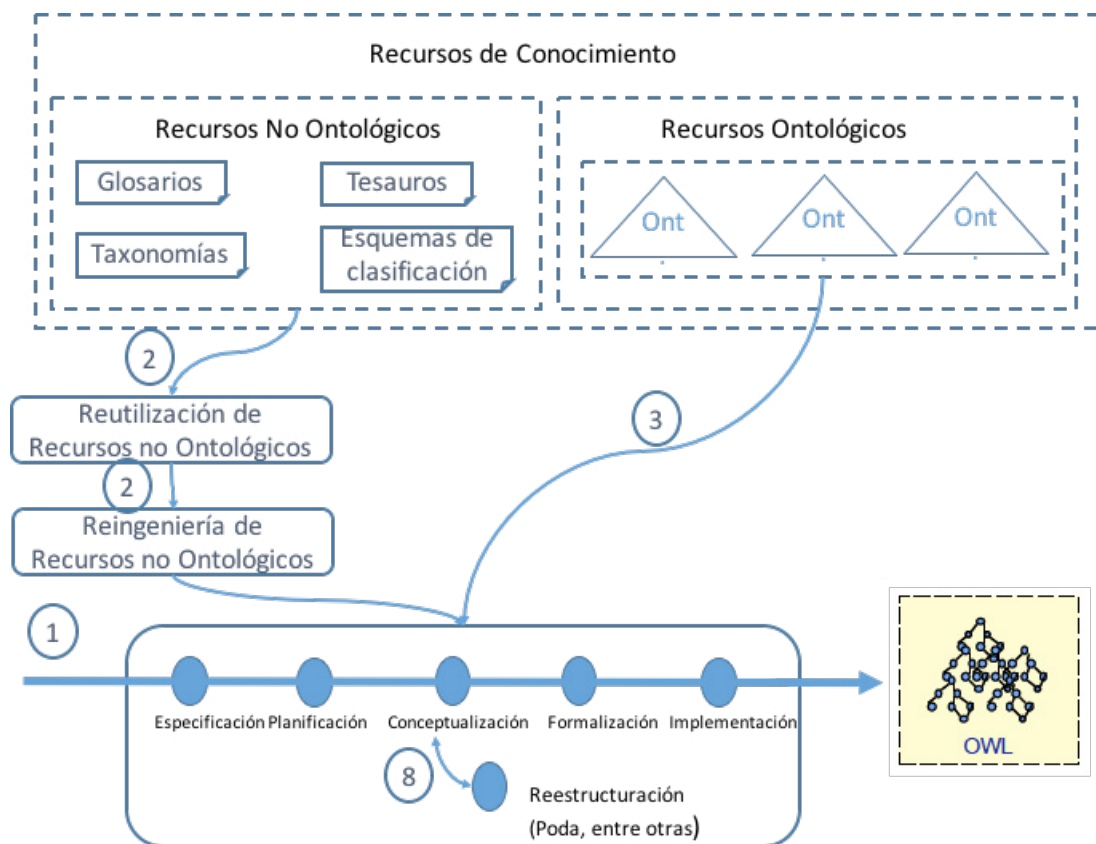


Figura 6. Escenarios de desarrollo de red de EnBovinOs, según la metodología NeOn.

La consistencia de la ontología creada se comprueba mediante dos tipos de análisis de consistencia:

- Comprobación de la consistencia. Basándose en la descripción que se han especificado en las clases de la ontología, el razonador comprueba si existe alguna clase que no pueda tener instancias. Un resultado positivo sería que el razonador no encuentra clases que no son consistentes.
- Comprobación de instancias. En este caso se comprueba que las instancias de una clase cumplan con las especificaciones de la misma. Un resultado positivo sería que las instancias inferidas coincidan con las diseñadas.

Resultados

Comprobación de la consistencia

- Acción realizada. Se invoca al razonador para que compruebe que todas las clases pueden tener instancias.
- Resultado esperado. No existen clases inconsistentes.
- Resultado obtenido. No se identifican clases inconsistentes (ver Figura 7).
- Valoración. Positiva.

Comprobación de instancias

- Acción realizada. Se invoca al razonador para que compruebe que todas las instancias cumplen con las especificaciones de sus clases correspondientes.
- Resultado esperado. Las instancias cumplen con las especificaciones de las clases.
- Resultado obtenido. No se identifican instancias que no cumplan con las especificaciones de las clases.
- Valoración. Positiva.

Classification results: Classified using null	
●	Mantenimiento SubClassOf Prevención
●	Mantenimiento SubClassOf Tratamiento
●	MastitisAguda SubClassOf MClínica
●	MastitisAguda SubClassOf Sub_Clínica
●	MastitisCronica SubClassOf MClínica
●	MastitisCronica SubClassOf Sub_Clínica
●	Material_contaminado SubClassOf Alojamientos
●	Material_contaminado SubClassOf Equipos
●	Material_contaminado SubClassOf Mastitis
●	Material_contaminado SubClassOf Personal
●	Material_contaminado SubClassOf Prevención
●	Material_contaminado SubClassOf Tratamiento
●	NombreMastitis SubClassOf Alojamientos
●	NombreMastitis SubClassOf Equipos
●	NombreMastitis SubClassOf Factores_Riesgo
●	NombreMastitis SubClassOf Personal
●	NombreMastitis SubClassOf Prevención
●	NombreMastitis SubClassOf Tratamiento
●	Patogenia SubClassOf Alojamientos
●	Patogenia SubClassOf Equipos

Figura 7. Razonador Hermit1.3.8.413.

Para el proceso de manejo de datos, se utilizó el archivo DIVIPOLA_20150331.xlsx⁴, donde se tiene el reporte de Departamentos y ciudades de Colombia. Esta información se toma por los municipios de Boyacá. Sobre información de casos de Mastitis Bovina en el departamento de Boyacá se cuenta con los reportes por parte de los Laboratorios Clínicos; teniendo en cuenta que no se puede dar nombres de las fincas y de algunas zonas geográficas, se unifica la información de los reportes de casos de Mastitis – Bovina, con la información de las regiones.

Para el proceso de refinamiento de la información y depuración se usa la herramienta OpenRefine; para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

- Del archivo DIVIPOLA_20150331.xlsx se retiraron columnas que no tienen información, o la misma no es relevante para el proyecto.

⁴ <http://geoportal.dane.gov.co:8084/Divipola/>

- Se eliminaron los municipios duplicados.
- Se carga el archivo Bovinos.xlsx, que tiene la información de casos de mastitis.
- Se crearon dos columnas para adicionar la información respectiva de los casos de Mastitis Bovina, del archivo Bovinos.xlsx.
- Luego se realiza la asociación de datos ya organizados con la ontología EnfermedadesBovinas. owl, importándola en OpenRefine, (Figura 8).

El desarrollo de la red de ontologías representa un avance significativo en la integración de herramientas y recursos para la abstracción de información. Al formular un formato estandarizado para la representación de ontologías, se fue capaz de utilizar escenarios de la metodología NeOn.

Conclusiones

Las ontologías sirven para compartir la comprensión común de la estructura de la información entre personas, permite la reutilización del conocimiento del dominio, hace explícitas las suposiciones de dominios, separa el conocimiento del dominio de los conocimientos operativos y analiza el conocimiento del dominio.

La metodología NeOn la cual tiene enfoques basados en la reutilización de distintos tipos de recursos de conocimiento disponibles como ontologías, tesauros, esquemas de clasificación, o patrones de diseño, sirvió en este caso para poder representar las enfermedades, factores de riesgo, tratamientos y en especial para representar la enfermedad Mastitis Bovina. Así los zootecnistas y veterinarios podrán tener un estándar con respecto a las enfermedades en los bovinos.

En este trabajo, se presentó el desarrollo de la red de ontologías EnBovinos, un marco para analizar, visualizar y explorar las redes de información de enfermedades en bovinos. En la red, las ontologías, la metodología utilizada y los procesos que pueden aplicarse están representados genéricamente. Esta representación de ontologías, creación de red de ontologías y la metodología utilizada permite la creación estandarizada de ontologías representadas en diferentes lenguajes.

Referencias

Andrade-Becerra, R., Caro-Carvajal, Z., Pulido-Medellín, M., Porras-Vargas, J. y Vargas-Abella, J. (2014). Prevalencia de bacterias causantes de

List of defined prefixes		
Prefix	URI	Delete Refresh
rdf	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#	delete refresh
owl	http://www.w3.org/2002/07/owl#	delete refresh
xsd	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#	delete refresh
rdfs	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#	delete refresh
foaf	http://xmlns.com/foaf/0.1/	delete refresh
dp		delete refresh
datos	http://www.javeriana.edu.co/ProyectoFinal/EnfermedadesBovinas	delete refresh

Done

Figura 8. Integración ontología con los datos.

- mastitis en fincas lecheras de Toca (Boyacá, Colombia). *Revista Ciencia y Agricultura*, vol. 11 (1): 47-53.
- Aranda, G. y Ruiz, F. (2005). Clasificación y ejemplos del uso de ontologías en Ingeniería del Software. Workshop en Ingeniería del Software y Bases de Datos WISBD 2005. XI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, Universidad Nacional de la Plata – Argentina.
- Ballesteros-Ricaurte, J., González-Sanabria, J. y Cáceres-Castellanos, C. (2016). OntoMastitis: Desarrollo de Ontología para la mastitis bovina. En: *IEEE ARGENCON 2016*. Universidad Tecnológica Nacional, Regional Buenos Aires.
- Cañete Betancourt, G., López Padrón, A., Sánchez Pellitero, J. y Noda Cuellar, L. (2015). Diseño de una ontología en el dominio de la higiene de los productos cárnicos. *Revista electrónica de Veterinaria*, vol. 16 (6): 1-19.
- Fernández Bolaños, O., Trujillo Graffe, J., Peña Cabrera, J., Cerquera Gallego, J. y Granja Salcedo, Y. (2012). Mastitis bovina: generalidades y métodos de diagnóstico. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(11): 1-20.
- Helmy, T., Al-nazer, A., Al-bukhitan, S. y Iqbal, A. (2015). Health, Food and User's Profile Ontologies for Personalized Information Retrieval. *Procedia - Procedia Comput. Sci.*, vol. 52: 1071–1076.
- International Standard Organization (ISO). (2004). Information technology – Metadata registries. Disponible en: <http://www.iso.org/standard/35343.html>
- Kelly, R. F., Hamman, S. M., Morgan, K. L., Nkongho, E. F., Ngwa, V. N., Tanya, V., Bronsvort, B. M. de C. (2016). Knowledge of Bovine Tuberculosis, Cattle Husbandry and Dairy Practices amongst Pastoralists and Small-Scale Dairy Farmers in Cameroon. *PLOS ONE*, 11(1). DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0146538>
- Mayer, G., Jones, A., Binz, P., Deutsch, E., Orchard, S., Montecchi-Palazzi, L., Eisenacher, M. (2014). Controlled vocabularies and ontologies in proteomics: Overview, principles and practice. *Acta Biochimica et Biophysica*, vol. 1844 (1), pp. 98–107. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.bbapap.2013.02.017>
- Ochs, C., He, Z., Zheng, L., Geller, J., Perl, Y., Hripcsak, G. y Musen, M. (2016). Utilizing a structural meta-ontology for family-based quality assurance of the BioPortal ontologies. *Journal Biomedical Informatics*, vol. 61: 63–76.
- Online Browsing Platform (OBP). (2016). ISO 3166 - Codes for the representation of names of countries and their subdivisions. Disponible en: <http://www.iso.org/obp/ui/#iso:code:3166:CO>
- Ontology Engineer inGroup. (2015). Ontology Engineer inGroup. Disponible en: <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/es/methodologies/59-neon-methodology/>
- Portal de alcaldes y gobernadores de Colombia. (2015). Directorio de alcaldes y gobernadores. Disponible en: http://www.portalterritorial.gov.co/dir_boyaca.shtml
- Romero, J., Villamil, L., y Pinto, J. (1999). Impacto económico de enfermedades animales en sistemas productivos en Sudamérica: estudios de caso. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.* Vol. 18 (2): 498-511.
- Suárez-Figueroa, M. (2010). NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Villazón-Terrazas, B., Ramírez, J., Suárez-Figueroa, M. y Gómez-Pérez, A. (2011). A network of ontology networks for building e-employment advanced systems. *Expert systems with applications*, vol. 38, 13612-13624. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.125>



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 la 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.