

PRISMA Tecnológico

P-ISSN | 2076-8133 | E-ISSN | 2312-637X | Volumen 12, N.º 1 | 2021 | Edición anual

Integración del internet de las cosas en la gestión de la cadena de suministro de alimentos. Una revisión bibliométrica

Interview with Dr. Torben Holvad Analysis and Monitoring Unit Team Leader. European Union Agency for Railways

Modelo de observatorio TIC para Honduras

El efecto de los microelementos sobre la germinación de semillas y el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno en el periodo vegetativo

Sistema de control para un sistema solar de acondicionador de aire por absorción utilizando simulación en TRNSYS

Estimación de la entalpía de gelatinización en una mezcla de almidón termoplástico

Indexada en:



Es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través del Departamento de Editorial Universitaria, bajo el sello **Editorial Tecnológica**. Es una revista abierta indexada a LATINDEX, que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, comunicar temas de ingeniería y ciencias básicas y exactas, y presentar temas sociales desde una perspectiva técnica-científica, a profesionales y estudiantes de las diversas áreas de la ingeniería, así como al público nacional e internacional, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

Revista PRISMA Tecnológico

El Departamento de Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá, Jefa: Libia Batista. Avenida Universidad Tecnológica de Panamá, Vía Puente Centenario, Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso, Edificio Orillac, Primer alto, Panamá, República de Panamá. Teléfonos: (507) 560-3703, 560-3441. Telefax: (507) 560-3442. Correo electrónico: editorial@utp.ac.pa, página web:

<http://www.utp.ac.pa>, Apartado 0819-07289 El Dorado, Panamá, República de Panamá.

La responsabilidad de los contenidos es de los autores de los artículos firmados y no de la Universidad Tecnológica de Panamá o sus miembros. A menos que se especifique lo contrario, la Universidad Tecnológica de Panamá ni comparte ni desapueba cualquier posición o acción propugnada en PRISMA tecnológico.

Correspondencia Editorial

Enviar a: Directora del Comité Técnico, Dra. Aranzazu Berbey Álvarez, Investigadora, Vicerrectoría Académica, Universidad Tecnológica de Panamá, Avenida Universidad Tecnológica de Panamá, Vía Puente Centenario, Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso, Panamá, República de Panamá. Tel: (507) 560-3042, correo electrónico: aranzazu.berbey@utp.ac.pa

Presentación de Artículos para Evaluación y Publicación

PRISMA Tecnológico es una revista de divulgación tecnológica científica de carácter general, cuyos artículos o ensayos deben tener un carácter, forma y nivel científico, pero también deben mantener un perfil y redacción tales que permitan su lectura e interés a un público general, de personas interesadas en la tecnología y la ciencia. Los artículos no son del tipo de una revista altamente especializada o teórica. La revista está dirigida a profesionales del área tecnológica, estudiantes universitarios de carreras tecnológicas, docentes universitarios, investigadores y público en general.

PRISMA Tecnológico PRISMA Tecnológico es una revista abierta a todos los interesados en publicar, es decir, que los autores de los artículos no tienen que ser miembros de la Universidad Tecnológica de Panamá. Además, son bienvenidos los trabajos, en particular, de los estudiantes universitarios de pregrado y postgrado con la orientación y colaboración de un profesor tutor.

Cualquier aportación técnico-científica relacionada con algún área de la ingeniería en sus múltiples disciplinas es, en principio, susceptible de ser publicada en PRISMA Tecnológico.

PRISMA Tecnológico se ha diseñado con varias secciones que permiten incluir artículos de diversos tipos, desde escritos de opinión a ensayos técnicos y artículos originales con resultados de investigaciones o proyectos. Las secciones de artículos que incluye PRISMA son: Impacto, Tecnología y Sociedad, Actualidad Tecnológica, Tecnología a Fondo, Tecno I+D, Tecno-Historia. Cada artículo será evaluado por tres (3) evaluadores externos, mediante el método de "revisión por pares" para conocer su calidad técnica, la originalidad, la contribución científica, entre otros criterios relevante. La revisión por pares se rige por el método de "doble ciego" para garantizar un proceso de evaluación libre de sesgo o conflicto de interés. Los dictámenes finales serán emitidos por el Comité Editorial de Prisma Tecnológico.

Impacto: Trata de ensayos sobre una tecnología cuyo impacto en la evolución de la sociedad ha sido trascendental. Estos artículos deben incluir algo de la historia o evolución de la tecnología en cuestión, el impacto de la misma en los diversos aspectos de la sociedad, prospectiva, etc. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. La longitud máxima es de cinco (5) páginas. Se espera que sean artículos interesantes y orientados a lectores inteligentes y con formación científica, pero no expertos en un área en particular. Pueden incluir figuras y deben incluirse referencias.

Tecnología y Sociedad: Incluye artículos sobre temas de tecnología, educación o investigación, relacionados con problemáticas o realidades sociales. Deben incluir aportaciones que reflejen la opinión del autor sobre el tema. Deben tener carácter, forma y nivel científico (no tipo diario/periódico) – estar basado en estudios, datos, área de experticia del autor y deben incluir referencias. Pueden incluir figuras, tablas y gráficas y deben incluirse referencias.

Tecno-Historia: Encierra dos tipos de trabajos: biografías de científicos importantes o ensayos sobre la historia de alguna tecnología. Las biografías están limitadas a una (1) página por personaje y los ensayos a un máximo de tres (3) páginas. En ambos casos deben incluirse figuras y referencias.

Actualidad Tecnológica: Se trata de ensayos técnicos descriptivos sobre tecnologías actuales – se incluyen estudios del estado del arte, tutoriales o artículos de visión general (survey). Estos trabajos no son una publicación de investigaciones y no incluyen resultados de investigaciones. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible.

Tecnología a Fondo: Contiene artículos técnicos-científicos descriptivos sobre tecnologías que describen en forma bastante detallada, un aspecto relacionado con una tecnología, pero tratando de mantener el enfoque en la explicación de la esencia de una idea, estudio, experimento o tecnología, más que en los detalles matemáticos o de ejecución. La cantidad de fórmulas matemáticas debe mantenerse al mínimo posible.

Tecno I+D: Incluye artículos que describen los resultados originales derivados de investigaciones teóricas, experimentales y de desarrollo tecnológico, así como resultados derivados de trabajos de grado de estudiantes universitarios.

Todos los trabajos deben ser originales y no haberse publicado en ninguna otra revista o forma de publicación exclusiva. Los artículos se recibirán durante todo el año. Que un artículo sea aceptado no significa que vaya a ser publicado, ni crea ninguna obligación de la revista PRISMA Tecnológico en relación al artículo.

La guía para autores con sus especificaciones está disponible en:
www.revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma

PRISMA TECNOLÓGICO

Directora del Comité Editorial
Dra. Aranzazu Berbey Álvarez
Vicerrectoría Académica, UTP
aranzazu.berbey@utp.ac.pa

Comité Editorial

Dra. Ana Muñoz
Universidad de Los Andes, (Venezuela)
anamunoz@ulave

Dr. Rolando Gittens, Ph.D.
Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta
Tecnología (INDICASAT-AIP)
rgittens@indicasat.org.pa

Dr. Miguel Vargas Lombardo
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales UTP
miguel.vargas@utp.ac.pa

Dr. Ronald Barzarte, Ph.D.
Electric Power Engineers, Inc.
rbarzarte@epeconsulting.com

Dr. José Hernández Rosas
Universidad de los Andes, (Venezuela)
epifitajh@gmail.com

Dr. Danilo Cáceres Hernández
Miembro de la IEEE, capítulo Panamá
danilo.caceres@ieee.org

Dr. Vladimir Villarreal
Centro Regional de Chiriquí UTP
vladimir.villarreal@utp.ac.pa

Dra. Nacari Marín
Centro Regional de Azuero UTP
nacari.marin@utp.ac.pa

Dr. Jesús B. Alonso Hernández
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (España)
jesus.alonso@ulpgc.es

Dr. Francisco Calvo-Poyo
Universidad de Granada, (España)
fcalvo@ugr.es

Dr. Juan de Dios Sanz-Bobi
Universidad Politécnica de Madrid, (España)
juandedios.sanz@upm.es

Dr. Eng. Arkadiusz Kampczyk,
Department of Engineering Surveying and Civil Engineering,
Faculty of Mining Surveying and Environmental Engineering,
AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland
kampczyk@agh.edu.pl

Dr. Marek Meziš
Riga Technical University, (Latvia)
marek@dzti.edu.lv



**EDITORIAL
TECNOLÓGICA**

Ing. Libia Batista
Directora
Sr. Armando Pimillo
Mercadeo y Ventas

Diseño e impresión
Departamento de Comunicación Gráfica

Editorial



La comunicación científica es importante porque tiene un carácter indiscutiblemente estratégico y permanente para cualquier país que aspire a convertirse en un país desarrollado, es decir, no hay atajos para el desarrollo. En este sentido, los elementos especiales que se destacan en la Revista Prisma Tecnológico son la vocación claramente formativa y el compromiso social con aspectos relacionados con la divulgación científica, la popularización de la ciencia y la diplomacia científica.

La ciencia y el conocimiento científico en estos momentos de pandemia del Covid 19 se pueden comunicar de forma accesible y efectiva definiendo primero correctamente el perfil de la población objetivo para luego establecer la estrategias y herramientas de comunicación adecuadas.

En este número tenemos una variedad de artículos relativos a temas multidisciplinarios y cuatro entrevistas a expertos en temas de educación superior virtual, gestión de proyectos científicos internacionales, gestión editorial y el transporte ferroviario. Cada uno de estos expertos nos da su visión del cambio que ha provocado la pandemia de Covid-19 sobre estas actividades.

Agradecemos la confianza depositada en esta revista por parte de cada uno de los autores de los artículos publicados en este volumen, al trabajo de los revisores, al Comité editorial y a todo el equipo de la Editorial Tecnológica por su invaluable colaboración.

Dra. Aranzazu Berbey Álvarez
Universidad Tecnológica de Panamá
aranzazu.berbey@utp.ac.pa

PRISMA Tecnológico

Contenido

P-ISSN | 2076-8133 |
E-ISSN | 2312-637X |
Volumen 12, N.º 1 | 2021
| Edición anual

ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

Datos abiertos en Panamá.....3-7

ENTREVISTA

Interview with Dr. Oris Sanjur Acting, Director
Smithsonian Tropical Research Institution (STRI) Panama,
Republic of Panama.....8-10

Interview with Dr. Torben Holvad Analysis and Monitoring
Unit Team Leader European Union Agency for Railways,
France.....11-13

Entrevista a la Dra. Arianna Becerril García. Presidente de
la Red AmeliCA, Cofundadora de Redalyc.org.
México.....14-16

Entrevista al Dr. José Javier Rainer Granados. Director de la
Escuela de Organización Industrial y Electrónica.
Universidad Internacional de la Rioja, España.....17-19

TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Modelo de observatorio TIC para Honduras.....20-27

Modelación matemática en un curso de pregrado de
ecuaciones diferenciales ordinarias. Enseñando
matemáticas en contexto.....28-31

Captación de niebla como fuente de agua en el Distrito de
Las Minas, región de Azuero. Caso de estudio, Distrito de
Las Minas.....32-37

TECNOLOGÍA A FONDO

Integración del internet de las cosas en la gestión de la
cadena de suministro de alimentos. Una revisión
bibliométrica.....38-46

PRISMA Tecnológico

Contenido

P-ISSN | 2076-8133 |
E-ISSN | 2312-637X |
Volumen 12, N.º 1 | 2021
| Edición anual

TECNOLOGÍA I+D

Estimación de la entalpía de gelatinización en una mezcla de almidón termoplástico.....47-53

El efecto de los microelementos sobre la germinación de semillas y el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno en el periodo vegetativo.....54-59

Influencia de los estresores académicos en los niveles de estrés de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial pertenecientes a la Universidad Tecnológica de Panamá.....60-64

Isla de calor urbana superficial en el área metropolitana de Cuzco.....65-70

Sistema de control para un sistema solar de acondicionador de aire por absorción utilizando simulación en TRNSYS.....71-78

TECNO HISTORIA

Dr. Nathan M. Newmark: Padre de la Ingeniería Sísmica.....79-81

Sadi Carnot: El Padre de la Termodinámica.....82-85

Dr. Santiago Ramón y Cajal: médico, científico y pintor.....86-87

ENTRETENIMIENTO

.....88-88

GUÍA PARA AUTORES

.....89-92



Universidad Tecnológica de Panamá

AUTORIDADES

Ing. Héctor M. Montemayor Á.
Rector

Licda. Alma Urriola de Muñoz
Vicerrectora Académica

Dr. Alexis B. Tejedor De León
Vicerrector de Investigación, Postgrado y
Extensión

Mgtr. Mauro Destro Stimamiglio
Vicerrector Administrativo

Mgtr. Ricardo Reyes
Secretario General

Ing. Brenda Serracín de Álvarez
Coordinadora General de los Centros Regionales

Revista indexada en

latindex

www.latindex.unam.mx

Datos Abiertos en Panamá

Boris Gómez¹ , Maritza Morales² , Nicholas Beliz³ , Yazmina Villarreal² , Elida González² 

1,2,3 {Dirección de Innovación y Tecnología Educativa; Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones; Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales}, Universidad Tecnológica de Panamá

1-3 {boris.gomez, maritza.morales, nicholas.beliz, yazmina.villarreal, elida.gonzalez}@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2383



Resumen: *Hay una tendencia para que los gobiernos permitan el acceso público a sus datos y que estos sean oportunos y actualizados, de allí el concepto de “datos abiertos gubernamentales”. Sin embargo, es difícil dar seguimiento a la función pública cuando los datos están muy disgregados.*

Para resolver esta dificultad, existe el concepto denominado Web Semántica, cuyo propósito es permitir que los programas informáticos asistan o reemplacen a las personas en tareas difíciles o inabordables para los humanos, tales como relacionar datos de múltiples fuentes.

Este artículo muestra los componentes básicos para implementar la Web Semántica, específicamente en el marco de los “Datos Abiertos Gubernamentales”, y se señalan, además, los pasos para alcanzar las cinco estrellas definidas en el esquema de Datos Abiertos propuesto por Tim Berners-Lee, utilizando un extracto de la división política de Panamá, como ejemplo.

Palabras claves: Ontología, Web Semántica, grafo de conocimiento, RDF, tripleta, SPARQL, Datos Abiertos, Datos Enlazados.

Title: Linked Open Data in Panama

Abstract: There is a tendency for governments to allow public access to their data and that these be opportune and updated, hence the concept of Open Government Data. However, it is difficult to follow the public function when the data is very disaggregated.

To solve this difficulty, there is the concept called Semantic Web, whose purpose is to allow computer programs to assist or replace people in difficult or unapproachable tasks for humans, such as relating data from multiple sources.

This article shows the basic components for implementing the Semantic Web, specifically within the framework of “Government Open Data”, and also indicates the steps to achieve the five stars defined in the Open Data scheme proposed by Tim Berners-Lee, using an excerpt from the political division of Panama, as an example.

Key words: Ontology, Semantic Web, knowledge graph, RDF, triplet, SPARQL, Open Data, Linked Data.

Tipo de artículo: Estudio.

Fecha de recepción: 28 de octubre de 2019.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Internet nació en la década de los 60 como una necesidad para que investigadores y científicos se comunicaran y compartieran información. Décadas después, en 1991, Tim Berners-Lee subió a internet la primera página web, dando origen a la World Wide Web (www o W3C).

Desde ese momento, la web cambió el modo en que las personas se comunicaban o realizaban negocios, al permitir el intercambio de información las 24 horas del día, los 365 días del año, con alcance mundial y a costos reducidos. Sin embargo, el incremento en el volumen de los datos y la heterogeneidad en los formatos y fuentes de información empezó a plantear un problema para la búsqueda de información.

Surgió, entonces, la necesidad de un nuevo paradigma para organizar el contenido en la web, la denominada Web Semántica, una evolución del entorno web cuyo objetivo era permitir que los datos almacenados en la web pudieran ser procesados por las máquinas de manera inteligente, facilitando a las personas la búsqueda, integración y análisis de la información disponible [1].

Pero la transición a la Web Semántica involucraba un alto costo si se consideraba el volumen de los datos, la disgregación de la información y la diversidad de formatos. Además, crear y publicar datos enlazados suponía un gran esfuerzo que podía resultar tedioso cuando se agregaban nuevos contenidos. Las estrategias más viables combinaban una pequeña parte de trabajo manual, sumado a la automatización del resto del proceso [2].

Tim Berners-Lee, el inventor de la World Wide Web, propuso entonces un esquema para clasificar los Datos Abiertos con la finalidad de que estos empezaran a adquirir características que permitieran convertirlos en datos plenamente conectados [3].

El concepto de Web Semántica está ligado a los conceptos de Datos Abiertos (Open Data) y de Datos Enlazados (Linked Data), en donde los Datos abiertos describen a aquellos que pueden ser usados, reutilizados y redistribuidos libremente por cualquier persona, mientras que los Datos Enlazados se refieren al conjunto de mejores prácticas para publicar datos estructurados en la web [4], [5], lo que los hace más útiles.

1.1 La tecnología detrás de los Datos Enlazados

Tim Berners-Lee definió cuatro principios básicos para publicar Datos Enlazados en la web:

- Utilizar Identificador de Recursos Uniforme (URI, por sus siglas en inglés) para nombrar a cada uno de los recursos en la web. Las URIs funcionan de forma similar a los nombres propios en nuestro lenguaje natural. Los indicadores son únicos a nivel global.
- Utilizar HTTP URIs (HTTP: protocolo de transferencia de hipertextos, por sus siglas en inglés) para localizar los recursos a través de internet.

- Proveer información útil utilizando estándares (Resource Description Framework o RDF) cuando se busca una URI.
- Incluir enlaces a otras URIs, que permitan el descubrimiento de más recursos en la web.

La tendencia actual para que los gobiernos permitan el acceso público a sus datos, sin restricciones y que estos sean oportunos y actualizados indujo a la génesis del término “Datos Abiertos Gubernamentales”, entendiendo que el concepto implica “Datos Enlazados”.

Para transformar datos públicos a Datos Abiertos es necesario realizar un proceso que tome en cuenta los principios establecidos en la Carta Internacional de Datos Abiertos:

- Abiertos por defecto
- Oportunos y exhaustivos
- Accesibles y utilizables
- Comparables e interoperables
- Para mejorar la gobernanza y la participación ciudadana
- Para el desarrollo incluyente y la innovación

En el año 2010 Tim Berners-Lee, sugirió un esquema de cinco estrellas para categorizar los Datos Abiertos, como se muestra en

la figura 1 [2]. En la tabla 1 se dan ejemplos que ilustran el esquema.

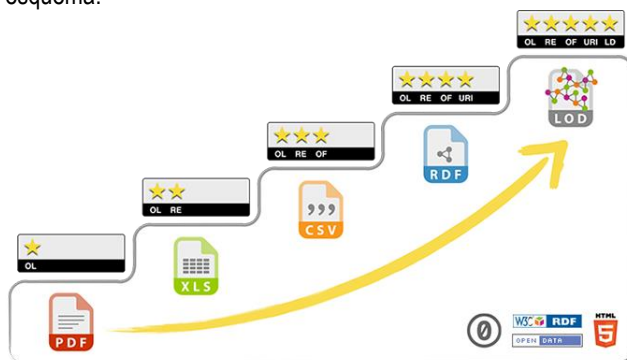


Figura 1. Las 5 estrellas de los Datos Enlazados Abiertos.

Llama la atención que con el solo hecho de colocar información de interés público en internet, bajo una licencia abierta, se logra obtener la primera estrella.

En Panamá, los esfuerzos se consolidaron con la formulación de la Ley 33 de 25 de abril de 2013, que crea la Autoridad Nacional de Transparencia y Acceso a la Información (ANTA).

Tabla 1. Esquema de las cinco estrellas de los Datos Abiertos.

Estrellas	Las instituciones públicas	Los ciudadanos
	No divulgan datos de interés público en internet.	Deben acercarse a las instituciones públicas para obtener información.
★	Publican datos en internet en formatos tipo TXT, DOC, ODT, PDF, PPT, JPG, por ejemplo, bajo una licencia abierta.	Deben leer cada uno de los documentos publicados para extraer la información que les interesa, compilarla y estructurarla, de ser necesario.
★★	Publican datos en internet en formatos tipo XLS.	Acceden a datos estructurados, fáciles de manejar, pero requieren de software propietario para acceder a la información.
★★★	Publican datos en internet en formatos tipo CSV, ODS.	Acceden a datos estructurados, fáciles de manejar y no requieren software de pago.
★★★★	Publican datos en internet en formatos legibles tanto por seres humanos como por máquinas, por ejemplo: RDF, JSON, RDF/XML.	- Utilizan aplicaciones inteligentes para extraer los datos que les interesa - Con una sola búsqueda acceden a datos de múltiples fuentes (los datos, de diferentes fuentes, se identifican de manera única, a través de las denominadas URIs) - No requieren software de pago.
★★★★★	Publican datos que están enlazados con información de otras organizaciones a nivel mundial, utilizando esquemas de datos consensuados internacionalmente.	- Utilizan aplicaciones inteligentes para extraer los datos que les interesa - Con una sola búsqueda acceden a datos de múltiples fuentes a nivel global - No requieren software de pago.

2. Datos Abiertos Gubernamentales en Panamá

La iniciativa de Datos Abiertos de la República de Panamá nace del proyecto “Fortalecimiento de las capacidades de los países en desarrollo para proporcionar Acceso a la Información para el Desarrollo Sostenible a través de los Datos Abiertos de Gobierno”, implementado por la División de Administración Pública y Gestión del Desarrollo, del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas, quien escogió a cuatro países del mundo para implementar dicho proyecto: Bangladesh, Nepal, Uruguay y Panamá [6].

Posteriormente, en el año 2018, la ANTA desarrolla la “Política Pública de Transparencia de Datos Abiertos de Gobierno”, a través de la Resolución No. DS-3513-2018, en la

que establece la definición oficial de Datos Abiertos de Gobierno del país: “Los Datos Abiertos de Gobierno, son los datos recolectados y/o producidos por las instituciones públicas, puestos a disposición de los ciudadanos en formatos abiertos, para que puedan ser reutilizados y redistribuidos por cualquier persona, para cualquier propósito, incluyendo el re-uso comercial, libre de costo y sin restricciones, con el fin de posibilitar la lectura, el seguimiento y combinación con otras fuentes de información para generar nuevos servicios de valor”.

Además, define al “Portal de Datos Abiertos” (www.datosabiertos.gob.pa) como el inventario único nacional de los conjuntos de Datos Abiertos puestos a disposición de la

población por las instituciones públicas de la República de Panamá [7].

Se puede observar que la información en este Portal se presenta en tres formatos distintos: pdf, xls y csv, bajo licencia Creative Commons - CC Zero License, lo que significa que es de dominio público (se puede copiar, modificar, distribuir y reproducir) y cumple con tres estrellas (según el esquema de Tim Berners-Lee) al incluir archivos en formato csv.

3. Taller de Linked Data: Calidad de Datos

Con el objetivo de dar a conocer el concepto de Datos Abiertos y Enlazados a profesionales de informática del sector público y privado en nuestro país, en el año 2019 el Grupo de Investigación en Ontologías y Web Semántica (GIOWeS) del Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CIDITIC) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), con el patrocinio de la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT), organizó el "Taller de Linked Data: Calidad de Datos" y la Conferencia "Creación de Valor desde la Ciencia de las Redes y los Grafos de Conocimiento Semánticos". El taller se enmarcó en la Misión de la UTP "generar conocimiento apropiado para contribuir al desarrollo sostenible y responder a los requerimientos del entorno".

El expositor del evento fue el Dr. Nelson Piedra, docente e investigador en el Laboratorio de Ciencia de Datos y Sistemas Basados en el Conocimiento, en el Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), Ecuador.

Además de estudiantes, docentes, personal administrativo e investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá, al taller asistieron profesionales del área informática de la Universidad de Panamá (UP), Universidad Católica Santa María La Antigua (USMA), Instituto Panameño de Derecho y Nuevas Tecnologías (IPANDETEC) y del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).

Los participantes tuvieron la oportunidad de conocer el concepto de Datos Abiertos y Enlazados, identificar las aplicaciones requeridas tanto en los servidores web como en las computadoras clientes y aplicar la metodología recomendada para alcanzar la quinta estrella del esquema de Tim Berners-Lee.

4. Grafos de conocimiento semántico

Algunos de los términos manejados en los niveles de la cuarta y quinta estrellas son: ontología, grafo de conocimiento, RDF, tripleta, SPARQL.

La ontología es uno de los modelos utilizados para describir conceptos del mundo real y su propósito es facilitar la compartición de información. Por otro lado, grafo de conocimiento es una forma de organizar el conocimiento para que una máquina pueda entenderlo y extraer información fácilmente, como se presenta a continuación.

Por otro lado, RDF es un formato para el intercambio de datos en la web, desarrollado por el W3C. Posee características que facilitan la integración de los datos aun cuando sus

estructuras difieran. La información se expresa como una lista de sentencias de la forma: sujeto-predicado-objeto, en donde el sujeto y el objeto se relacionan por medio del predicado. La sentencia sujeto-predicado-objeto se denomina tripleta [8] y se representa gráficamente como se observa en la figura 2.

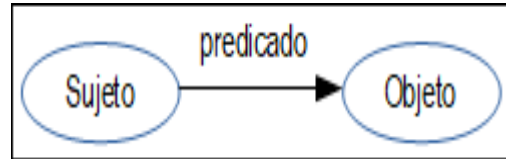


Figura 2. Tripleta.

Una manera estructurada de almacenar datos, ampliamente utilizada, son las tablas de bases de datos relacionales. La tabla 2 muestra un extracto de la división política de Panamá, mientras que las tablas 3, 4 y 5 se obtienen luego de normalizar dicha tabla.

Tabla 2. Extracto de la división política de Panamá.

País	Capital de país	Provincia	Distrito
Panamá	Panamá	Colón	Chagres
Panamá	Panamá	Colón	Portobelo
Panamá	Panamá	Coclé	Aguadulce
Panamá	Panamá	Coclé	Antón
Panamá	Panamá	Herrera	Parita

Tabla 3. país-capital-de-país.

País	Capital de país
Panamá	Panamá

Tabla 4. país-provincia.

País	Provincia
Panamá	Colón
Panamá	Coclé
Panamá	Herrera

Tabla 5. provincia-distrito.

Provincia	Distrito
Colón	Chagres
Colón	Portobelo
Coclé	Aguadulce
Coclé	Antón
Herrera	Parita

En contraste con el modelo de base de datos relacional, la Web Semántica utiliza tripletas. A continuación, se muestra un fragmento de la misma información convertida en tripletas:

- Panamá es-capital-de Panamá
- Colón es-provincia-de Panamá
- Coclé es-provincia-de Panamá
- Herrera es-provincia-de Panamá
- Chagres es-distrito-de Colón

La figura 3 muestra el grafo correspondiente.

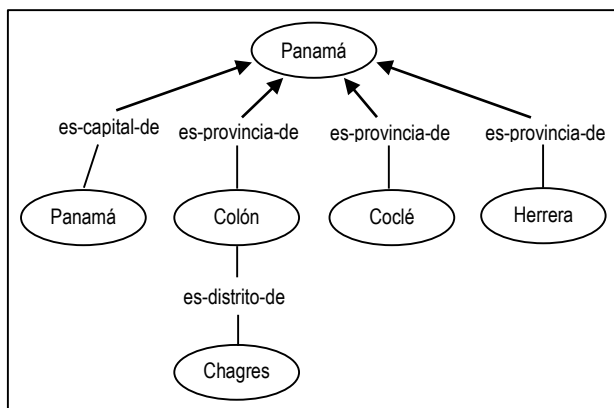


Figura 3. Ejemplo de grafo de la división política de Panamá.

SPARQL es el lenguaje utilizado para interrogar grafos en este modelo, similar a como funciona SQL al consultar datos en una base de datos.

En resumen, para evolucionar a la cuarta y quinta estrellas, los datos deben ser convertidos a tripletas (grafos).

4.1 Requerimientos

Para agregar semántica a los datos publicados en la web se requiere de un equipo (servidor web) que se encargue de responder a las solicitudes de información de los usuarios (clientes), además de varias aplicaciones tanto en el servidor como en las computadoras personales de los diseñadores de la ontología. Por su parte, los usuarios acceden al servicio utilizando un navegador web en sus computadoras personales.

Para el Taller, el grupo de investigación GIOWeS utilizó exclusivamente software libre, de conformidad con los lineamientos del Centro CIDITIC.

4.1.1 Requerimientos en el servidor

- **Debian:** el sistema operativo Linux utilizado en el proyecto fue Debian 9 Stretch [9].
- **OpenLink Virtuoso:** es un híbrido que combina la funcionalidad de un administrador de base de datos SQL y un servidor de aplicación web para el manejo de datos SQL, XML y RDF en un único sistema multiproceso. [10].
- **Apache Tomcat:** software desarrollado con Java (puede funcionar en cualquier sistema operativo, con su máquina virtual java correspondiente) que sirve como servidor web con soporte de servlets y JSPs [11].
- **Pubby:** aplicación web que permite, mediante consultas SPARQL, acceder a almacenes de tripletas. La figura 4 muestra cómo Pubby relaciona las aplicaciones para acceder a las tripletas y presentar la información requerida en el navegador web [12].

Los servlets son componentes de lenguajes de programación Java utilizados comúnmente para generar páginas web de forma dinámica, a partir de las peticiones que

envíe el navegador web [13]. Mientras que JSP (Java Server Pages) es una tecnología que permite crear contenido dinámico para aplicaciones web que se ejecuta del lado del servidor.

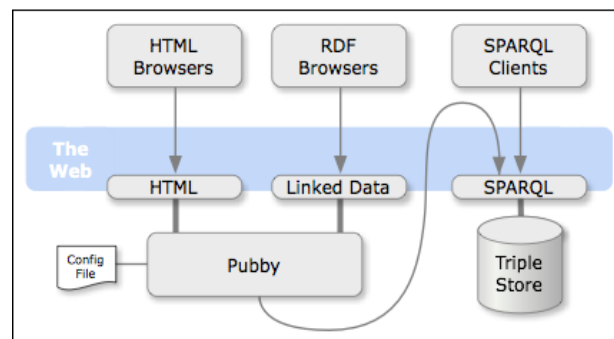


Figura 4. Esquema de Pubby.

4.1.2 Requerimientos en las computadoras personales

Protégé [14]: es un editor de ontologías gratuito y de código abierto.

Tabula [15]: aplicación gratuita, utilizada para extraer datos de tablas contenidas en documentos PDF.

EasyRdf [16]: aplicación accesible desde la web para convertir archivos RDF de un formato a otro (por ejemplo, de N-Triples a RDF/XML).

RDF Validator [17]: aplicación accesible desde la web para validar modelos de datos en formato RDF/XML y desplegar las tripletas y grafos correspondientes.

GraphDB [18]: aplicación gratuita que permite vincular diversos datos, indexarlos para la búsqueda semántica y enriquecerlos mediante análisis de texto para construir grafos de conocimiento. Es una alternativa al OpenLink Virtuoso.

4.2 Esquemas de datos consensuados internacionalmente

En el ejemplo de la división política de Panamá se utilizaron los términos "es-capital-de" y "es-provincia-de", con los que se pudo iniciar el diseño de la ontología del país. Al completar la ontología se logra la cuarta estrella, pero, para avanzar a la quinta estrella, se deben emplear identificadores consensuados internacionalmente, en lugar de los dos términos anteriores.

Para ello, la comunidad internacional ha desarrollado múltiples ontologías que pueden utilizarse libremente, en lugar de crear las propias. Estas pueden consultarse en el sitio web Linked Open Vocabularies (LOV) [19].

Un ejemplo de ontología es la que se utiliza para describir personas, denominada FOAF (*friend of a friend*, por sus siglas en inglés). Ésta es una ontología que describe a las personas, sus actividades y sus relaciones con otras personas y objetos [20].

4.3 Información de Panamá en la Web Semántica

- **DBpedia** [21]: es un proyecto comunitario internacional para extraer información de Wikipedia y transformarla en tripletas RDF. Es interesante observar que este sitio web contiene información de Panamá, en los siguientes enlaces:

<http://dbpedia.org/page/Panamá> (página web accedida por los humanos, a través de navegadores web).
<http://dbpedia.org/resource/Panamá> (página web accedida por las máquinas).

La figura 5 es un ejemplo de cómo se muestra la información general del país, en la web semántica.

Property	Value
dbo:PopulatedPlace/areaTotal	74177.3
dbo:PopulatedPlace/populationDensity	45.9
dbo:abstract	Panamá es un país ubicado en
dbo:areaTotal	74177300000.000000 (xsd:double)
dbo:capital	dbp:Panamá_City

Figura 5. Panamá en Dbpedia.

Es necesario aclarar que los navegadores web son accedidos por humanos, por lo que las dos páginas web, señaladas anteriormente, muestran igual contenido (“resource” redirecciona a “page” en los navegadores web). Además, la información que se observa en las páginas de la web semántica no es tan amigable para los seres humanos, como lo son las páginas web comunes, con textos e imágenes armoniosamente organizadas en las páginas. Más bien se observan conjuntos de datos (títulos y columnas con datos), teniendo en consideración que su objetivo es la utilización de comandos y aplicaciones web para extraer información de interés, de múltiples fuentes y a escala mundial.

DBpedia contiene, además, una página web para realizar consultas SPARQL a estos datos [22].

DBpedia-LatAm [23]: es la versión latinoamericana de DBpedia. Una de las páginas web sobre Panamá es: http://es-la.dbpedia.org/page/resource/Categor%C3%ADa:Provincias_de_Panam%C3%A1

4.4 Hackatones como estrategia

La compilación de los datos de un país para convertirlos en tripletas y la creación de aplicaciones que atiendan las necesidades de información de los ciudadanos es una labor que requiere de tiempo y esfuerzo. Un medio novedoso que se podría experimentar en Panamá, aplicado en otros países, es la organización de encuentros (*hackatones*) en universidades y organizaciones interesadas en el tema, en donde los organizadores establecen retos a superar por los participantes.

5. Conclusiones y recomendaciones

Los Datos Abiertos Gubernamentales surgen como consecuencia de la exigencia de los ciudadanos, a nivel mundial, para que las entidades públicas sean transparentes.

En Panamá se puede observar que el Portal de Datos Abiertos Gubernamentales contiene información en formato csv, entre otros formatos, bajo una licencia abierta, por lo que se ubica en el tercer nivel del esquema de las cinco estrellas propuesto por Tim Berners-Lee.

Es por ello que, en este artículo, utilizando un extracto de la división política del país, se muestran los pasos requeridos para adecuar este portal al último nivel de dicho esquema. Además, se señala la infraestructura (de hardware y de software) necesaria para su implantación.

Como trabajo futuro, es necesario definir una estrategia con miras a lograr que el Portal de Datos Abiertos Gubernamentales de Panamá obtenga la quinta estrella.

Referencias

- [1] B. Vázquez, E. Morales, K. Nájera y S. Vieyra. Web Semántica: La evolución de una web con significado. [En línea]. Disponible en: <https://sg.com.mx/revista/44/web-semantica-la-evolucion-una-web-significado>
- [2] M. Abián, El futuro de la web: XML, RDF/RDFS, ontologías y la web semántica, 2005.
- [3] (2012) Cinco Estrellas Datos Abiertos. [En línea]. Disponible en: <https://5stardata.info/es/>
- [4] Principios. [En línea]. Disponible en: <https://opendatacharter.net/principles-es/>
- [5] (2016) LinkedData. [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/wiki/LinkedData>
- [6] Datos Abiertos de Gobierno. [En línea]. Disponible en: <http://www.antai.gob.pa/datos-abiertos-de-gobierno/>
- [7] (2018) Gaceta Oficial Digital. [En línea]. Disponible en: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28454/GacetaNo_28454_20180129.pdf
- [8] (2014) RDF. [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/RDF/>
- [9] Debian - The universal operating system. [En línea]. Disponible en: <https://www.debian.org/index.es.html>
- [10] (2012) OpenLink Virtuoso. [En línea]. Disponible en: https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OpenLink_Virtuoso
- [11] Tomcat, Apache Tomcat, Jakarta Tomcat. [En línea]. Disponible en: <http://ajpdsoft.com/modules.php?name=Encyclopedia&op=content&tid=769>
- [12] R. Cyganiak, C. Bizer. Pubby A Linked Data Frontend for SPARQL Endpoints. [En línea]. Disponible en: <http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/pubby/>
- [13] (2018) Java Servlet. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Java_Servlet
- [14] Protégé. [En línea]. Disponible en: <https://protege.stanford.edu/products.php>
- [15] Tabula. [En línea]. Disponible en: <https://tabula.technology/>
- [16] N. Humfrey. EasyRDF. [En línea]. Disponible en: <https://www.easyrdf.org/converter>
- [17] E. Prud'hommeaux. Validation Service. [En línea]. Disponible en: <https://www.w3.org/RDF/Validator/>
- [18] GraphDB Free Edition. [En línea]. Disponible en: <https://www.ontotext.com/products/graphdb/graphdb-free/>
- [19] Linked Open Vocabularies (LOV). [En línea]. Disponible en: <https://lov.linkeddata.es/dataset/lov/>
- [20] D. Brickley y Libby Miller. (2014) FOAF Vocabulary Specification 0.99. [En línea]. Disponible en: http://xmlns.com/foaf/spec/#term_Person
- [21] DBpedia. [En línea]. Disponible en: <https://wiki.dbpedia.org/>
- [22] Virtuoso SPARQL Query Editor. [En línea]. Disponible en: <http://dbpedia.org/sparql>
- [23] DBpedia LatAm. [En línea]. Disponible en: <http://es-la.dbpedia.org/home/>

Interview with Dr. Oris Sanjur Acting Director Smithsonian Tropical Research Institution (STRI) Panama, Republic of Panama

Dr. Aránzazu Berbey Álvarez .

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Vicerrectoría Académica.

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2968



Dr. Sanjur graduated from the University of Panama in 1991 and completed her Ph.D. in molecular biology at Rutgers University in 1998. Her duties include maintaining a high standard of operational support for STRI researchers. Dr. Oris Sanjur is the Acting Director of the Smithsonian Tropical Research Institute, a unit of the Smithsonian Institution headquartered in Panama City, Panama. The Institute furthers the understanding of tropical nature and its importance to human welfare, trains students to conduct research in the tropics and promotes understanding of present and past biological diversity by increasing public awareness of the beauty and importance of tropical ecosystems. Dr. Sanjur oversees more than 400 employees, an annual budget of \$35 million, and the Institute's research facilities throughout Panama and field sites in Africa, Asia and the Americas. In addition to its resident scientists, the Institute's facilities are used annually by some 1,400 visiting scientists, pre- and postdoctoral fellows and interns from academic and research institutions around the world. Dr. Sanjur's relationship with the Smithsonian Tropical Research Institute spans three decades.

In 1989, she was a research assistant for two years working on her undergraduate thesis project. After earning a B.S. in Biology from the University of Panama, she completed a PhD in Cell and Developmental Biology at Rutgers, the State University of New Jersey. She returned to STRI as a postdoctoral fellow in 1998, studying the relationships between wild and domesticated crops such as squash and pumpkin.

She then spent ten years as manager and researcher of the Molecular Evolution laboratory, after which she took on her most recent role as Associate Director for Science Administration at STRI. In this position, she became responsible for maintaining high standards of scientific operational support for the Institute's research programs throughout a decade.

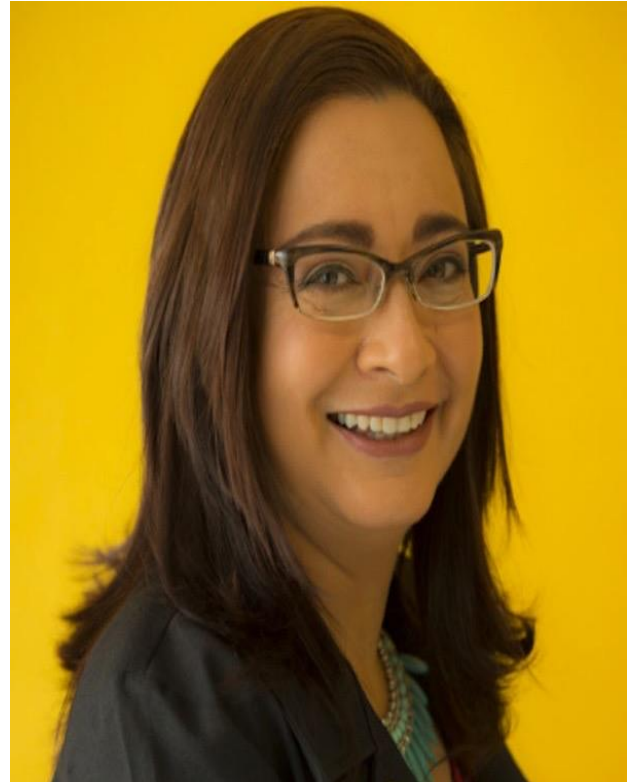


Figure 1. Dr. Oris Sanjur.

Fuente: <https://www.cienciaenpanama.org/dra-oris-sanjur-como-directora-del-instituto-smithsonian/>

She has also represented STRI in national and international events, highlighting the value of science and the importance of the research being conducted at STRI to increase our understanding of tropical ecosystems. Dr. Sanjur's commitment to the advancement of science has marked her entire career. She has published more than a 20 peer-reviewed articles and presented more than 20 papers at scientific meetings. She has sponsored postdoctoral students, advised predoctoral students, served on the Advisory Committee of master and doctoral students, and served as a mentor of more than a 100 undergraduate and predoctoral students from various countries. From 2006 to 2009, she served as President of the Panamanian Association for the Advancement of Science and currently serves on the board of the City of Knowledge Foundation, the Coiba National Park Biological Station, the National Scientific Researchers System and the Institute for Scientific Research and High Technology Services (INDICASAT AIP). In 2013, she was selected as one of the ten pioneering women in science in Panama; in 2014, as one of the nine members of the National Electoral Board for the Panamanian Presidential elections; and she was honored as "Distinguished Woman of the Year 2015" by the Panamanian Association of Business Executives. In 2019, she was included in the book "Those Who Inspire – Panama". She is currently a member of Ciencia en Panamá (CeP), the Panama Director's Association (ADP) and the International Women Forum (IWF).

According your knowledge and scientific professional expertise, what recommendations could you give to young women who are considering developing a scientific career? What are the challenges that women face in science and technology? In your experience, what actions do you recommend to governments, universities and society in general to increase scientific vocations in women?

A: It is a well-known fact that there are challenges for women that would like to pursue a career in science and technology. Some of those challenges have been documented in various publications. In 2018, Panama's National Bureau for Science, Technology, and Innovation (SENACYT) funded and published a report that provided relevant data about the situation of women in science in Panama. The study revealed that, at the undergraduate level there is a higher percentage of women who are interested in pursuing scientific careers. However, the proportion of women drops significantly as they progress from undergraduate to higher academic levels. This a phenomenon known as the "scissor effect". Some of the factors that contribute to this phenomenon include perceived stereotyping, work/life balance concerns, and internalized gender norms. The 2018 SENACYT report also identified some key elements that contribute to the success of women in science, such as having a good mentor, having a scientist mother, a favorable financial situation, the support of the family, personal empowerment, among others.

For young women interested in science, I would start by suggesting to find ways to build self-confidence and trust in yourself. You do so by surrounding yourself with people that can help you grow, who give you good advice, and good mentors. It is also important to give yourself space to dream, even when those dreams seem unattainable. Dreaming opens your mind to possibilities. My mother who is a very wise woman once told me, "Dream of flying like an eagle because, even if you don't not reach all your dreams, the important thing is that you learn to open your wings and fly." But to be successful, those dreams must be turned into actions, and that's where one needs to take the time to come up with a plan. Think about what actions should I take to achieve what represents success to me? It is not an easy road and it requires perseverance and resilience. And you will find yourself facing many fears. Fear will always haunts us. It is important to overcome fear.

And then, if you like Science, think about what you would like to do. Read about it, find a university that teaches what you like, learn more about that topic, talk to people who can guide you in the process. During that process you will learn a great deal of information that can help you find sources of inspiration and potential sources of financial help, if needed.

Regarding recommendations to increase scientific vocations in women, I would say that we need to promote more role models of women who are currently doing science, and men who support those women. We need to create more awareness

in our communities, schools, universities, and engage stakeholders at all levels. Promote activities among young women and be very inclusive.

The issue of gender equality in science has been discussed in various forums, and various initiatives have been promoted. However, there is still much to be done, so gender equality issues cease to be an issue, and there is more equality in all areas. I consider that any approach we take, should include both men and women. I want to also highlight the importance of education in any approach we take.

In these times, humanity needs leadership and solidarity. How can women in science and technology contribute to the management, mitigation measures and finally to the eradication of this disastrous pandemic. What role do you think women scientists should play in this pandemic?

A: It has been well documented that adding women on any working group or team, increases productivity and provides solutions that are more inclusive and with different perspectives.

In a moment where humanity is living unprecedented times, we need the contribution of everyone to be able to take this crisis under control. Throughout the world, it has been made evident that women have played, are playing, and will continue to play a key role in finding solutions to address the challenges caused by this pandemic. Scientific knowledge has been key to provide solutions to the many health problems, and women scientists have greatly contributed and continue to contribute with their hard work to solve these challenges. Think of the doctors, nurses, scientists, who have worked non-stop to help others, and who continue to do research to find way to keep people healthy.

I would like to mention that the contribution of women, not only scientists, but women from all walks of life, has proven to be invaluable during these difficult times.

The COVID-19 pandemic is the greatest global health crisis of our time. This pandemic is causing a severe social, economic, political and environmental crisis. The Smithsonian Tropical Research Institute was founded with the purpose of increasing and sharing knowledge about the past, present and future of tropical ecosystems and their relevance to human welfare. Could you share with our readers a brief summary of the actions or projects in education and research carried out by the Smithsonian Institute as a consequence of the covid-19 Pandemic?

A: The Smithsonian Tropical Research Institute remains closed to all researchers and public visitors to support the effort to contain the spread of COVID-19. The Smithsonian's priority is to protect the safety and health of its staff, volunteers and visitors. All general scientific and public visits to all STRI facilities are suspended until further notice.

The scientific activity carried out by our institute requires access to laboratories and being able to do field work. However, while in quarantine, our scientists continue to work on scientific articles, and through digital media, we hold webinars, meetings, and stay in communication with our fellowship and intern community. Our communications department keeps posting information on social media, we also hold webinars for the public and that allows us to continue our mission of spreading science. In addition, we are developing digital and virtual material that can be used to support the academic curriculum at schools.

During this time, we have been able to launch a few important initiatives like the Mission Manatí, a collaboration between STRI, Technological University of Panama, and ENSEIRB-MATMECA in France. The team has developed a monitoring system based on hydrophones, which detects in real-time the underwater calls these animals make to communicate with each other.

Could you share some experiences that have been especially memorable in your scientific or professional career?

A: I have been blessed with many opportunities and experiences that have allowed me to grow as a scientist and have shaped me as a person.

One great experience was the opportunity to study abroad. It provided me with a different perspective and vision, and allowed me to learn, meet, and work with people from around the world. That opened my mind to other ways of thinking and made me humble and grateful. This was while I was doing my doctorate work. And having access to great laboratories and being able to do research in anything I wanted was just a fantastic experience.

Another unique experience was to visit a deep-sea site named Rainbow in the middle of the Atlantic Ocean. I was able to go down 2400 mts in a submarine called Alvin, property of Woods Hole Oceanographic Institute. Being able to see the bottom of the ocean and see where earth plate clash was such an amazing experience.

Serving as a mentor and helping students from all the world has been another great experience and has taught me so much. I strongly believe in mentorship and have had the honor and pleasure to mentor more than a hundred students, many of them are now in key position at various institutions around the world. This has been a source of pride and accomplishment for me, one that I am very

Being able to support scientific work and strengthen the science platform at the institutional level is something that has been very rewarding. Even though I am not at the bench collecting data, I continue to do science through the collaboration and support we provide to national and international scientists. Science is also done when generation of knowledge is facilitated.

Interview with Dr. Torben Holvad Analysis and Monitoring Unit Team Leader European Union Agency for Railways

Dr. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). Vicerrectoría Académica.

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2976



Torben Holvad is Analysis Team Leader at the European Union Agency for Railways (France). He obtained Economics degrees from Copenhagen University (MSc) and the European University Institute in Florence (PhD). He has more than 30 years of experience in applied economic analysis.

His skills and expertise correspond to backgrounds like: Quantitative methods, Data Envelopment Analysis, Impact Assessment, Cost Benefit Analysis, Transport Economics, Multicriteria analysis, Economics of regulation, Data analysis, Health economics.

According your knowledge and railway expertise, what effects is having the COVID-19 in the railway transportation for the passengers? Do you consider that until an effective vaccine for Covid-19 exists, there will be a new normality in the habits of railway transport users?

Currently, COVID-19 has already had substantial effects for societies across the World, especially in those cases where comprehensive lockdown measures have been introduced. The rail sector is no exception. In many countries rail services have been operating at much reduced levels in response to reduced overall demand covering both passenger and freight. The reduced overall demand is either linked to legislative steps imposing restrictions on activities, including travel, or linked to behavioral responses due to the risk of infection or a combination. Other current (& recent) effects on rail passenger travel include: 1) Focus on essential trips (e.g. commuting for persons with jobs in critical sectors) with trips with other purposes significantly reduced (e.g. leisure trips); 2) Modal shift away from public transport towards individual transport (notably car but also cycling and walking). Further effects could concern changes regarding the time and day of rail travel in order to reduce the risk of infection during travel (e.g. shifting trips from



Figure 1. Dr. Torben Holvad.

the peak to the off-peak period). As societies are gradually opening up (e.g. in Europe, Asia and US) overall passenger transport demand would start returning towards pre-COVID levels although likely to be less pronounced for public transport than individual transport due to differences in risks of infection.

Moreover, it is likely that local and regional passenger travel may recover faster than long distance and in particular international travel influenced by border closures and travel restrictions. As such these patterns are likely also to be the case for rail passenger travel, i.e. stronger recovery for local and regional trips and more limited recovery for long distance / international trips. Obviously, there would be significant country differences regarding how rail passenger travel is evolving following the initial COVID-outbreak depending on various factors. Moreover, the recovery will be dependent on whether a second wave of new COVID-cases will happen or not.

As to the question regarding whether there will be a new normality in the habits of railway transport users until an effective vaccine for Covid-19 exists my view is that this is very likely. I would add here that in case an effective treatment is developed before any vaccine it is possible that habits of railway transport users could return sooner to something akin to a pre-COVID context. Overall, the evolution in the habits of railway transport users will be influenced by essentially two group of factors: supply and demand related factors. Firstly, supply related factors would cover elements such as measures taken by railway operators as well as authorities to facilitate passenger rail travel, e.g. making masks and hand gel available to passengers, arrangements at stations and in passenger coaches to promote social distancing as well as specific rules and support measures

from public authorities. Secondly, demand related factors would cover aspects linked to persons' activities notably work, education, shopping, visiting family and friends etc. and the extent to which these activities can be undertaken without travel. For example, for those persons where employers promote teleworking there would possibly be a reduced need for commuting to work. A similar argument could be made in the case of education where online provision of courses would permit students not to travel. For shopping and other leisure activities it is likely that at least up to a certain degree some of these could take place online without the need for travel.

Recently, agencies such as The International Union of Railways (UIC), Association of American Railroads (AAR), Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF), have published a management of Coronavirus (Covid-19) guidance for railway stakeholders, employees, and users. Do you think this guide is sufficient to control the epidemic and the effects on passengers and employee safety? Could you add any more warning measures for individuals, to prevent the spread of covid-19?

From my perspective preparing and publishing guides for railway stakeholders, employees and users is a necessary step in order to, as far as possible, control the epidemic and minimize the risk of spread. However, I am not sure that guides in this case would be sufficient. In fact, the key issue here would be how railway stakeholders, employees and users respond to the guides, i.e. is the guidance followed accordingly. For example, for railway stakeholders is the advice regarding cleaning of stations and passenger coaches followed and for users is the social distancing recommendations adhered to

. This raises the issue of whether regulatory measures (e.g. enforcement of social distancing) may be needed as well in order to contribute to prevent the spread of covid-19. Furthermore, it may be useful also to promote exchange of best-practice among railway stakeholders and authorities in order to move towards consistent use of measures that appear to be successful as regards to preventing the spread of covid-19. The European Union Agency for Railways has recently created a COVID-19 information platform to support the European rail sector in its efforts to restore transport services and connectivity, while optimally safeguarding the health and safety of passengers, transport workers and staff, and to re-establish trust in rail services.

The institutional web page of the European Union Agency for Railways (ERA), it hosts several databases, studies, ERA recommendations, technical opinions, and many railways research documents. In addition, ERA sets mandatory requirements for European railways and

manufacturers in the form of Technical Specifications for Interoperability. Have ERA cooperation plans with countries out of the EU? Do you consider, that could exist a joint interest to develop activities, programs, instruments of scientific and technological cooperation between ERA and Latin American organizations and, in our case, with Panamanian universities, like ours?

Apart from European cooperation ERA have a number of other areas of cooperation beyond this context. In particular, the following are of relevance:

- Cooperation with OSJD
- Cooperation with OTIF
- Cooperation with UNECE
- Cooperation with peer regulatory agencies
- Cooperation with EUMedRail
- Cooperation with Western Balkans and Turkey

Further information about the content of these areas of cooperation are available from the Agency's website. Of particular relevance to the first question raised would be the Agency's cooperation with peer regulatory agencies. Currently, the Agency cooperates with regulatory agencies in four non-EU countries (United States of America, Australia, Brazil and Japan) as well as with the Gulf Cooperation Council. Activities are focused on exchanging information, best practice and scientific/technical knowledge.

For the second question raised regarding scientific and technological cooperation between the Agency and Latin-American organizations incl. universities it is of relevance to mention that recently the ERA Academy was established focused on supporting the implementation of the EU railways regulatory framework through dissemination and training. Although the focus of the ERA Academy is on dissemination and training within a European context it could be relevant to explore further whether cooperation with additional Latin-American organizations could be established beyond the already existing cooperation with Brazil.

Could you share some experiences that have been especially memorable in your scientific or professional career?

My scientific and professional career has to date taken place in four European countries (Denmark, Italy, United Kingdom and France) and therefore with a clear European and international dimension. This has been a very enriching experience permitting the cooperation on common issues and sharing practices in an international contexts. In particular, my current position with the European Union Agency for Railways involves cooperating with railway stakeholders from across Europe and beyond in order to strengthen the position of railways and to promote the Single European Railway Area in order to achieve a more sustainable transport system. This connects well with my doctoral studies back in the early 90s at the European University Institute in

Florence (Italy) again a place where persons from across Europe and further afield met, discussed and cooperated on research projects within social sciences. Apart from the international dimension of my career another constant has been working with persons from different disciplines. My background is in economics but specializing in transport related analyses benefit from interdisciplinary approaches in order to ensure consideration to different perspectives incl. transport planning and politics, sociology, psychology, engineering, statistics etc.

Throughout my career I have had the opportunity to work on topics requiring theoretical insight and applied to empirical / policy contexts. Indeed, this corresponds well to the two interrelated phases of my professional career starting in an academic / research environment and then since 2006 working in a European Commission Agency with more focus on policy related analyses while retaining academic links.

Entrevista a la Dra. Arianna Becerril García Presidente de la Red AmeliCA, Co-fundadora de Redalyc.org

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Vicerrectoría Académica.
aranzazu.berbey@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2981



Doctora en Ciencias de la Computación. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Ciudad de México, México. *Ingeniera en Computación Universidad Autónoma del Estado de México Toluca, Estado de México, México* Profesora-Investigadora titular de tiempo completo de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Autónoma del Estado de México (septiembre de 2006 a la fecha). Fundadora y Presidente de Amelica; iniciativa liderada por la UNESCO, CLACSO y Redalyc UAEM, 2018 a la fecha.

Directora Ejecutiva y cofundadora de la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Redalyc (2002 a la fecha). Sus áreas de investigación son diversas: ciencias de la computación, inteligencia artificial, web semántica, comunicación de la ciencia. La Dra. Becerril García cuenta 92 artículos publicados en congresos y revistas de alto impacto.



Figura 1. Edificio de Redalyc (México). Cortesía de Dra. Becerril García.



Figura 2. Dra. Arianna Becerril García.

Según su criterio, como investigadora y docente ¿cuál será el impacto de los cambios que ha provocado la actual pandemia del COVID-19 en las universidades latinoamericanas?

El fenómeno social derivado del confinamiento a causa de la pandemia por COVID-19 dejará huella en todos los sectores de la vida humana. Las universidades en todo el mundo se han visto en la necesidad de cerrar sus puertas a la presencia física de su comunidad, obligándolas a transitar sus procesos de manera inmediata hacia el espacio virtual. Circunstancia para la cual algunas universidades estarían más preparadas que otras.

El ejercicio de la enseñanza-aprendizaje en línea conlleva múltiples retos, si es que se desea obtener el máximo beneficio de las actuales tecnologías de información y comunicación. Hay universidades en nuestra región latinoamericana que han sustituido las aulas por plataformas de videoconferencia, sin tomar en cuenta las particularidades e innovaciones que permite la educación en línea.

Algunas instituciones ya habían venido transitando a la era digital. Sin embargo mucho nos hace falta como sociedad para lograr entender la potencialidad de las tecnologías actuales y cómo ellas impactan en la forma que interactuamos, en el

acercamiento que tenemos con la información masiva y en la apropiación de las herramientas tecnológicas como medio educativo.

Pensar y conceptualizar una universidad en esta época, con tareas de docencia e investigación, así como en su función social, implica evolucionar en las técnicas de enseñanza, reflexionar sobre las nuevas formas de acercamiento e interacción humana, rediseñar el concepto de uso de información para desarrollar habilidades de discernimiento, de crítica y resolución de problemas.

Por otro lado, la pandemia ha expuesto crudamente un grave problema de infraestructura para la educación en línea. No existe desarrollo tecnológico en las universidades para desarrollar sus tareas en el espacio virtual, por esta razón los cursos son llevados por servicios comerciales de terceros como los ofrecidos por empresas como Google, Zoom o Microsoft, por mencionar algunas.

Así, se está generando una insana dependencia de las universidades hacia los nuevos gigantes corporativos de la educación en línea. La disponibilidad de las actividades dentro de las universidades depende de la disponibilidad de servicios de terceros y nuestros datos circulan por servicios cuyas políticas están definidas por intereses comerciales y no necesariamente los del sector educativo.

Destinar recursos, que en buena parte son públicos, hacia la contratación de servicios en lugar de fortalecer la inversión en infraestructura educativa dentro de las universidades en los países de América Latina, reforzará dicha dependencia, profundizará la brecha digital y aumentará la imposibilidad de nuestras universidades a implementar sus propios modelos educativos o a generar innovación.

Las universidades se ven forzadas a usar una u otra plataforma comercial porque no hay otra alternativa en el país o en la institución, situación que obliga a la uniformidad en los procesos educativos. Ejemplo de ello, es el uso herramientas de videoconferencia que no fueron diseñadas para el ámbito educativo y que están siendo adoptadas por las instituciones de educación ya que no se tiene desarrollo propio.

Por otro lado, una pieza fundamental de la infraestructura educativa hacia la que deberíamos aspirar en nuestra región -y en realidad en todo el mundo- es el acceso a la información. No visualizo un fuerte sistema educativo con resiliencia suficiente para afectar lo menos posible a la sociedad en crisis globales, como la derivada por la actual pandemia, sin un acceso democrático a la información.

Ello solo es posible a través de adoptar y fortalecer el Acceso Abierto (AA) no comercial como una forma por defecto de consumir y generar la información y los datos en donde todos los actores tengan la posibilidad de participar sin que medien restricciones económicas.

Esta adición al movimiento de AA no comercial debe manifestarse en, por ejemplo, la determinación de incentivar a los investigadores a publicar sus hallazgos en plataformas y revistas científicas de AA no comercial, en apoyar iniciativas y plataformas que lo hagan posible, en invertir inteligentemente los recursos económicos para fortalecer este sector, ya que solo

así conseguiremos un futuro menos restrictivo y menos excluyente.

Sus publicaciones en Google Scholar y su experiencia como docente evidencian un extenso trabajo de investigación en el campo de la bibliometría, publicación científica, web semántica y contenidos académicos, internacionalización, colaboración científica y la presencia de universidades en la red entre otros temas. En sus experiencias de cara a los aspectos editoriales de las plataforma digitales ¿Qué características tecnológicas, semánticas, temáticas y de idioma considera usted, que debe tener una revista de divulgación científica para incrementar su presencia e impacto en la red? ¿Qué estrategias recomienda para alcanzar y sostener esas características que le permitan a una revista alcanzar altos niveles de impacto en la red?

Las tecnologías actuales permiten al contenido académico y científico alcanzar visibilidad e impacto de forma orgánica. Para ello, es necesario que los textos sean expuestos en la web de manera adecuada.

Esta es, sin duda, la apuesta que hace la tecnología desarrollada por Redalyc y por AmeliCA, la cual busca dotar de semántica a la información contenida, por ejemplo, en un artículo científico. Así cada elemento de información tiene un sentido, una definición, una estructura y una sintaxis; de forma tal, que los algoritmos computacionales son capaces de procesar y digerir automáticamente la información para ayudar a clasificarla, agruparla, descubrirla y recuperarla.

El punto de partida de este enfoque es el meta-lenguaje XML, ya que nos permite incorporar esas capacidades al texto. Para el caso de las revistas científicas usamos el estándar Journal Article Tag Suite (JATS) el cual dicta la estructura y el conjunto de etiquetas con las cuales realizamos dicha labor.

El impacto en la red debería ser un medio para acercar al usuario lector hacia la literatura que está buscando. Si un investigador, por ejemplo, está buscando información sobre una fórmula química o matemática, es posible encontrarla con mayor precisión, más allá de las técnicas de coincidencia textual que nos ofrecen las búsquedas tradicionales, recuperando la información por su significado o por las relaciones derivadas del tejido o estructura que conforman cada una de las piezas de información que componen un texto. Con ello mejoramos esa capacidad del contenido de ser descubierto pero también lo habilitamos para que sea procesable por herramientas como: procesadores de datos estadísticos, software de graficación, entre otros.

En América latina existe una fuerte brecha digital, la cual es una barrera para el acceso a los contenidos digitales en repositorios institucionales, portales de revista académicas, recursos abiertos en línea entre otros. ¿Qué medidas recomienda usted para mitigar y lograr cerrar esa brecha digital?

Los índices de penetración de Internet en América Latina son muy variables y favorecen a las grandes ciudades, donde se concentran las mayores oportunidades de acceso a computadoras y a conexión a Internet. Las comunidades rurales e indígenas así como los sectores más vulnerables de la sociedad están siendo marginados de la transición tecnológica.

Existen las redes de alta velocidad para investigación y educación. Proyectos como la RedCLARA en América Latina, RENATA en Colombia o CUDI en México buscan llevar esta conectividad a las universidades y tienen el gran reto junto con los gobiernos de nuestros países de alcanzar a las universidades en regiones menos favorecidas.

La pandemia que vivimos actualmente demanda una participación activa y rápida del sector científico y académico, y ello no es posible si los gobiernos no invierten en tecnología de información y comunicaciones.

Una inversión decidida y constante debe ser ejercida para disminuir la brecha digital, redirigir recursos hacia la creación de infraestructura, que como se ha visto en esta contingencia que vivimos, resulta clave para llevar la educación en línea.

Esta brecha digital ha llevado a que países como México hayan optado por la transmisión televisiva como alternativa a la distribución de contenidos educativos, coartando los beneficios de las tecnologías actuales y obligando a la población al uso de

una tecnología de hace 100 años, la cual brinda una comunicación uni-direccional y supone un usuario pasivo, sin posibilidades de interacción y sin acceso a herramientas y a la masa de información presente en la Web hoy en día.

Puede compartimos alguna experiencia suya en el ámbito de la docencia, investigación, gestión universitaria, o internacionalización que le haya resultado especialmente memorable en su CV.

Participar en una iniciativa como Redalyc desde su fundación en el año de 2002 hasta la actualidad me ha permitido aplicar las ciencias de la computación para la difusión científica en la búsqueda de la democratización del acceso al conocimiento, eso para mí ha sido un gran privilegio.

He tenido la oportunidad de ver de cerca el ámbito de las revistas científicas latinoamericanas y ser testigo de como nuestra región ha sido capaz de crear y sostener la comunicación científica fuera de reglas comerciales tratando a la ciencia como un bien público y no un producto comercial, ecosistema del cual nos debemos sentir orgullosos.

La experiencia de formar parte de esta iniciativa, junto con más de mil revistas editadas en las universidades, me ha otorgado la satisfacción de dar un servicio libre y gratuito a más de 70 mil usuarios distintos en nuestra región por día, por 18 años.

Estudiantes, investigadores, profesores y la sociedad en general que no tienen que pagar por leer un artículo científico se benefician de estos desarrollos. Estoy convencida que brindar acceso abierto al conocimiento científico ayuda a mejorar nuestra sociedad actual y a acelerar el desarrollo científico.

Entrevista al Dr. José Javier Rainer Granados

Director de la Escuela de Organización Industrial y Electrónica. Universidad Internacional de la Rioja, España.

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Vicerrectoría Académica.

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2982



Director del Área Organización Industrial y Electrónica en la Universidad Internacional de la Rioja (España). Doctor Ingeniero Industrial, en el programa de Automática y Robótica de la UPM (España). Máster en Dirección de Proyectos, y Experto Universitario en Gestión y Auditoría de Sistemas de Calidad, PDP en Inteligencia Artificial. Profesor universitario acreditado por ANECA, ha participado como investigador y responsable de diversos proyectos de I+D, posee publicaciones nacionales e internacionales. Es miembro de diversos comités técnicos internacionales, entre ellos participa en los comités de evolución de EURACE y Euro-Inf de ANECA. Ha sido Director Grupo Investigación Inteligencia Artificial y Robótica (IAR). Sus líneas de investigación relacionadas con la robótica, aprendizaje y sistemas cognitivos. El Dr. Rainer-Granados cuenta con más de 40 publicaciones científicas en áreas como: robótica, inteligencia artificial, gestión de proyectos, y formación en entornos virtuales. Por último, tiene una amplia experiencia en empresas privada del sector de las telecomunicaciones, donde ha desempeñado funciones de gestión y dirección de proyectos.

Según su criterio y experiencia docente ¿cuál será el impacto de los cambios en la educación superior que ha provocado la actual pandemia del COVID-19?

La pandemia que nos ha tocado vivir, llamada pandemia del COVID-19, nos ha llevado a una situación terrible, no prevista ni por los mejores pronosticadores del futuro. Ha supuesto el estado de alarma en muchos países, y sobre todo la interrupción del día a día normal de la población a escala mundial. Afectados todos los sectores, la gran incógnita que se plantea es cómo será la época post-Covid-19, y en este sentido, una de las grandes cuestiones afecta directamente a la educación superior.



Dr. José Javier Rainier Granados

Fuente: https://www.researchgate.net/profile/J_Javier_Granados

Curiosamente, en mi última participación en un congreso internacional precisamente fue hablando de educación superior y los retos que tenía por delante, fue en noviembre del 2019 y aun no teníamos ni la más remota idea de lo que nos acontecería unos meses después, para vislumbraba que la tecnología debía apoyar el futuro de la educación superior.

Lo que no esperaba es que unos meses después nos encontramos con más alumnos fuera de las aulas intentando continuar sus estudios que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad.

La educación superior tradicional, tiene un componente de presencialidad física en un entorno concreto que es la universidad, para la trasmisión de conocimiento. La pandemia COVID-19 ha hecho que se vea directamente afectada esta presencia en las aulas, pasando a buscar canales alternativos de comunicación profesor-alumno, y alumno-alumno. Los retos a los que ha sometido de forma exprés y, va a someter a la educación superior es todo un reto.

Afortunadamente existen las herramientas y las tecnologías necesarias para poder desarrollar y garantizar el proceso de enseñanza aprendizaje, así como la adquisición de competencias. Durante los últimos años la formación virtual o en línea en la educación superior, se ha venido desarrollando con éxito, pero no hay que perder de vista que este concepto no es la mera utilización de unas herramientas, sino que es todo un proceso que aborda: pedagogía, tecnología, y otros perfiles adicionales que garantizan la culminación de la adquisición de conocimiento. Toca también analizar en este nuevo escenario, los dos actores fundamentales actores: alumno y profesor, y el proceso en sí.

Me gustaría referirme primero al proceso, ya que fundamentalmente el escenario cambia. Se va a producir un cambio sustancial en el proceso de enseñanza aprendizaje, ya que, con esta pandemia, quizás ya no volveremos a estar en aulas con asistencia masivas de alumnos. Por tanto, la forma de impartir clases, de proponer actividades y de evaluar van a cambiar. En cualquier caso, el proceso en este nuevo escenario siempre debe garantizar la adquisición de las competencias y, por otro lado, garantizar en todo momento que se garantice la autoría del alumno.

El profesor, de alguna forma debe reinventarse, ya que el modelo cambia. Quizás sea la figura en la cual recae el peso más importante en este nuevo escenario, sobre todo porque va a requerir de un perfil dual, no solo ser experto en la materia que imparte, también en todo lo relacionado con las herramientas que vaya a utilizar, en la adaptación de los contenidos a este nuevo escenario, a como calificar la adquisición de ese conocimiento. Muchos retos que va a requerir de un gran apoyo por parte de la institución a la que pertenezca. El soporte técnico será esencial en esta nueva etapa caracterizada por el apoyo de la tecnología.

Por último, la figura del alumno, muchos de ellos “nativos digitales” hacen que sea un perfil versátil, adaptable e incluso muy proclive a realizar parte de su actividad en la educación superior en modo en línea.

En cualquier caso, hay que ser optimistas, y pensar que el ser humano siempre ha salido victorioso a lo largo de la historia de infinidad de situaciones que a priori se presentaban con el fin casi de la humanidad. También es cierto que lo que nos ha tocado vivir ha sido sin duda un momento de la historia que ha marcado un antes y un después al menos en lo que afecta a la educación superior.

Sus publicaciones en Google Scholar y su experiencia como docente en la modalidad virtual evidencian un trabajo de investigación en el ámbito de la automática y robótica, el aprendizaje en línea. En sus experiencias de cara a la formación universitaria virtual, ¿Qué características tecnológicas, considera usted, que debe tener una buena plataforma de aprendizaje virtual para estudiantes universitarios?

He tenido la suerte de poder participar en diferentes proyectos del ámbito del aprendizaje virtual en el ámbito de la educación superior, tanto como profesor como investigador.

La evolución de la tecnología en estos años ha sido muy rápida y eso ha ayudado sin duda al crecimiento tan espectacular de estos últimos años en el aprendizaje virtual. Como siempre destaco, el aprendizaje virtual no es una plataforma, ni es una aplicación, es algo mucho más ambicioso que engloba todo un proceso poniendo como objetivo prioritario al estudiante.

Algunas ventajas que acompañan al aprendizaje virtual son: se optimiza el tiempo ya que permite estudiar en cualquier momento, el alumno es dueño de su agenda, evitando los desplazamientos y ofreciendo una gran libertad en cuanto a tiempo y ritmo de aprendizaje.

Una de las grandes características del aprendizaje virtual es la flexibilidad. La utilización de los medios tecnológicos que ayudan a poder desarrollar el aprendizaje virtual, como son las plataformas no requieren de grandes conocimientos.

Las plataformas en esta modalidad virtual juegan un papel fundamental, son espacios virtuales de aprendizaje orientados a facilitar la experiencia de formación a distancia, en este caso para la educación superior, aunque es exportable a otros niveles. También se las conoce como plataformas LMS (Learning Management System), que podría traducirse como sistemas para la gestión de aprendizaje.

Las características que más se demandan en una plataforma son algunas las siguientes:

- Centralización y automatización de la gestión del aprendizaje.
- Escalabilidad. Este recurso permite adecuar en cada momento la plataforma según la cantidad variable de usuarios según las necesidades de la institución.
- Flexibilidad. La plataforma puede ser adaptada tanto a los planes de estudio de la institución, como a los contenidos y estilo pedagógico del curso. También permite organizar cursos con gran facilidad y rapidez.
- Estandarización. Esta característica permite utilizar unos contenidos estandarizados, pero a su vez personalizando el contenido y reutilizando el conocimiento.
- Interactividad. La persona se convierte en el protagonista de su propio aprendizaje.
- Usabilidad. Ha sido un esfuerzo constante en los últimos años y tienes que ver con la facilidad para utilizar la plataforma con el fin de alcanzar un objetivo concreto.
- Funcionalidad. Prestaciones y características que hacen que cada plataforma sea adecuada (funcional) según los requerimientos y necesidades de los usuarios.
- Ubicuidad. Accesible desde múltiples dispositivos y ubicaciones.
- Integración. Las plataformas LMS se pueden integrar con otras aplicaciones como las aplicaciones que permiten dar sesiones online en directo.
- La inteligencia artificial tendrá un papel futuro esencial en el aprendizaje personalizado, ya que se desarrollarán algoritmos que permitan adecuar los contenidos, actividades, etc. al nivel del alumno.

Insistiendo en que todo lo anterior son características de las herramientas, se debe acompañar todo el proceso por un modelo pedagógico que garantice el proceso de enseñanza aprendizaje.

Por tanto, con todo lo anterior, hay que destacar como el número de actores cambia y se amplía frente al modelo tradicional, si realmente se quiere implantar con éxito un modelo virtual.

¿Qué estrategias considera usted oportunas para la promoción e incentivos a la educación virtual universitaria frente al problema de la brecha digital que se presenta en la mayoría de los países de América latina?

La situación está demostrando la buena voluntad de todos los agentes implicados, fundamentalmente profesores y alumnos, pero no todos tienen los mismos recursos tecnológicos, y en algunos casos cuestiones básicas, como conexión a Internet.

Desgraciadamente la formación virtual no es algo que se pueda improvisar o desarrollar en un corto periodo de tiempo.

Cualquier estrategia debe tener una meta clara como objetivo, y al realizar una innovación debe existir una apuesta real por parte de la institución. Hasta ahora, no ha sido necesario tener el despliegue de medios que requiere la educación virtual, sin embargo, este escenario actual, ha hecho y hará que tengan que coexistir el modelo tradicional y el modelo virtual. Pero el futuro inmediato, va a requerir que cualquier institución de educación superior que quiere continuar impartiendo y desarrollando su actividad tendrá que adaptarse a la nueva situación. Es cierto que la brecha digital influye, pero también en América latina el despliegue de la telefonía móvil es quizás igual o mayor que en otras regiones del planeta, y eso ayudará a otra forma de acceder a la educación superior. Son muchos los proyectos que basado en la telefonía móvil van a permitir que el alumno acceda a la plataforma, clase virtual en directo en incluso pueda hacer sus actividades. Sobre todo, porque cada vez más los dispositivos móviles se pueden conectar a otros elementos como pantallas, teclados, etc que permitan tener conectividad y medios poder desarrollar todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

La formación virtual no se puede producir sin acceso a Internet, ni ordenador o tablet. Es cierto que los más desfavorecidos económicamente son los más perjudicados. En este escenario, no solo las instituciones universitarias deben apoyar, también los ministerios y gobiernos.

Al final detrás de los números, estadísticas, etc de hogares sin acceso a internet o sin ordenadores hay personas que la situación actual les puede estar truncando su desarrollo futuro, agudizando aún más los niveles de pobreza en muchos de estos hogares.

Otro colectivo que daría mucho para escribir son aquellos colectivos con necesidades especiales que no están pudiendo asistir a las clases, pero sin el apoyo para poder realizar su formación de manera virtual.

Puede compartirnos alguna experiencia suya en el ámbito de la docencia, investigación, gestión universitaria, o cooperación internacional, que le

haya resultado especialmente memorable en su CV.

Desde mi experiencia, puedo asegurar que, con la formación virtual, la conexión y comunicación con el alumno es máxima ya que se dispone de todos los medios como foros, mensajería, clases en directo, etc que garantiza una comunicación en una mayor dimensión que la que se podría producir solo en un escenario de alumno-profesor en el ámbito de aula. Pero también es cierto que no todo el mundo tiene las mismas competencias digitales necesarias y debe adaptarse.

La formación virtual, en los niveles de educación superior, permite llegar a cualquier lugar del mundo siempre y cuando haya conexión a internet, por lo tanto, resulta muy enriquecedor contar con profesores internacionales en la formación de los alumnos de América latina, por ejemplo, y ver como se trabaja, que nuevos métodos se utilizan en otros países.

Es tremendamente gratificante cuando posteriormente en las graduaciones, por ejemplo, tenemos ocasión de conocernos en persona.

En los niveles de educación superior, quien decide estudiar y en un modelo virtual, muchas veces tiene un perfil más maduro tanto en edad como experiencia que un alumno recién ingresado en la universidad, sobre todo porque en ocasiones puede ser un camino algo más árido y solitario que el modelo tradicional. Con esto no quiero decir que no sea un perfil adecuado el estudiante joven para el modelo virtual, pero sí que debemos dotar de otros elementos, como puede ser la figura del tutor que ayude y acompañe al estudiante, adicionalmente al profesor. Es clave en la formación virtual que el estudiante no sienta la soledad en los momentos de desaliento que no son pocos al largo de los estudios de grado o maestría.

El objetivo fundamental es que los alumnos desarrollen la capacidad de educar y ejercitar el pensamiento crítico, uno de los recursos más importantes del razonamiento humano. La tecnología se va a convertir en un aliado excepcional en este sentido porque permitirá evaluar muchos más indicadores de desempeño o de aptitud del alumno liberando incluso al profesor de algunas tareas arduas...

Las futuras generaciones sencillamente estarán mejor adaptados a un contexto de hiperabundancia de información.

¿Cómo educaremos a los profesionales del futuro? Básicamente formándolos en la tecnología más actualizada en su campo y dotándolos de las habilidades necesarias para complementar a esa tecnología cuando sea necesario.

No perdamos de vista además la importancia de impulsar los perfiles STEAM (Science, Technology, Engineering and Mathematics).

No hay mayor éxito, en cualquier de las formas de aprendizaje, que el compromiso del estudiante en querer aprender, fomentemos por tanto la pedagogía del esfuerzo.

Esperemos que cuando toda esta pandemia pase, hayamos aprendido algo y sobre todo estemos en condiciones de planificar a futuro con más tiempo y visión, dejando atrás momentos en muchos casos de improvisación sobre todo en la formación virtual.

Modelo de observatorio TIC para Honduras

Fredis Medina Escoto¹ , Armando Jipsion² 

¹ Universidad Tecnológica de Panamá, Programa del Doctorado en Ingeniería de Proyectos; ² Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

fredismedina@yahoo.com; armando.jipsion@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2847



Resumen: Considerando los beneficios, retos y riesgos para el gobierno, empresa privada, academia y la sociedad civil al brindar o utilizar servicios en línea utilizando las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC); es importante que dichos actores cuenten con acceso a datos válidos y actualizados que permitan observar proactivamente mediante indicadores las tendencias o el comportamiento de las TIC en el país; utilizando para ello un motor de búsqueda consolidado de información rectorado por una entidad especializada y con la gobernanza correspondiente.

Siendo el fin de la observación sobre las TIC por parte de los gobiernos para generar políticas públicas y así mejorar su competitividad y crecimiento económico en beneficio de sus ciudadanos; en el caso de la empresa privada para vigilar su entorno, competencia, superar obstáculos e innovar para mejorar su rentabilidad; la academia para propiciar la investigación y desarrollo y la sociedad civil para aprovechar los beneficios al reducirse la brecha digital.

Honduras tiene limitaciones de disponibilidad de información sobre el uso de las TIC, sus beneficios, voluntad para generación de políticas públicas, rutas de evolución, transformación digital y el impacto que han tenido en la vida de las personas y en las instituciones; en tal sentido, en este artículo se incluyen cuadros propios generados por observación sobre la recolección, procesamiento y publicación de datos estadísticos por otros países latinoamericanos que observan el comportamiento de las TIC y muestran el beneficio que produce el acceso oportuno de datos a la sociedad.

La implementación de un observatorio TIC para Honduras coadyuvará a alcanzar lo antes descrito mediante las tres dimensiones siguientes: 1. Recolección de datos y monitoreo de indicadores TIC, 2. Procesamiento y análisis de datos y 3. Publicación y retroalimentación de información; con tal creación el gobierno, la empresa privada, la academia y la sociedad civil podrá utilizarlo como una herramienta que le sirva de guía o soporte para la toma de mejores decisiones.

El diseño del observatorio TIC para Honduras propuesto en este artículo, incluye la estructura organizativa para su gestión y la metodología para gestionar la información que permita su sostenibilidad.

Palabras clave: observatorio, TIC, sociedad, indicadores, políticas públicas, información

Title: ICT observatory model for Honduras

Abstract: Considering the benefits, challenges and risks for the government, private companies, academia and civil society when providing or using online services using Information and Communication Technologies (ICT); It is important that these actors have access to valid and updated data that will proactively verify indicators through trends or the behavior of ICT in the country; using a consolidated search engine for information governed by a specialized entity and with the corresponding governance.

Being the end of the observation on ICT by governments to generate public policies and thus improve their competitiveness and economic growth for the benefit of their citizens; in the case of private companies to monitor their environment, competition, overcome obstacles and innovate to improve their profitability; academia to promote research and development and civil society to reap the benefits of narrowing the digital divide.

Honduras has limited availability of information on the use of ICTs, their benefits, will to generate policies, evolution routes, digital transformation and the impact they have had on people's lives and on institutions; In this sense, this article includes its own tables generated by observation of the collection, processing and publication of statistical data by other Latin American countries that observe the behavior of ICTs and show the benefit produced by the timely access of data to society.

The implementation of an ICT Observatory for Honduras will contribute to achieving the above described through the following dimensions: 1. Data collection and monitoring of ICT indicators, 2. Data processing and analysis, and 3. Information publication and feedback; With such creation, the government, private companies, academia and civil society will be able to use it as a tool to serve as a guide or support for making better decisions.

The design of the ICT Observatory for Honduras proposed in this article includes the organizational structure for its management and the methodology for managing the information that allows its sustainability.

Key words: observatory, ICT, society, indicators, public policies, information.

Tipo de artículo: Investigación.

Fecha de recepción: 15 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Se considera importante para los actores como el gobierno, la empresa privada, la academia y la sociedad civil que utilizan las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) el poder observar de manera consolidada su desarrollo en Honduras a través de indicadores claves de las TIC como ser: su uso, reducción de la brecha digital, especialización del recurso humano, ciberseguridad, comercio electrónico, transformación digital, gobierno abierto, sociedad de la información, tenencias, infraestructura, avance del gobierno digital, teletrabajo, teleeducación, telemedicina, medios digitales, nuevas formas de comunicación, políticas públicas, participación ciudadana, e inversión anual en las TIC, entre otros; con el fin de poder tomar las mejores decisiones para aprovechar los beneficios inherentes con el uso de las TIC.

Otros países como: Chile, Costa Rica, Panamá, México, Uruguay, Paraguay, Ecuador, El Salvador y Colombia entre otros; han implementado espacios de consolidación de información denominados observatorios de las TIC o digitales; creados con el fin de observar el acceso, el procesamiento de datos recolectados en el entorno, la producción, tratamiento y el transporte de la información a través de dispositivos electrónicos y que esté disponible en tiempo real alrededor del mundo mediante indicadores que sirven de soporte para tomar las mejores decisiones por parte de los gobiernos, empresa privada, academia y sociedad civil.

Los observatorios de las TIC coadyuvan al desarrollo de iniciativas de innovación sobre algunas tendencias o pronósticos globales que se desarrollan como ser: gobierno digital, transformación digital, gobierno abierto, sociedad de la información, comercio electrónico, teleeducación, teletrabajo, telemedicina, inteligencia artificial (chatbot), biotecnología, artefactos no tripulados, vehículos eléctricos, impresión 3D, automatización robótica de procesos (rpa), emprendedores TIC, tecnología financiera (fintech) e internet de las cosas; por tanto, al procesar información de indicadores producidos en el ámbito de dicha ciencia se propicia así la revolución digital en el mundo entero.

Siendo que los países en vías de desarrollo normalmente se ven obligados a tener que importar tecnologías debido a sus limitaciones de recursos para inversión en investigación y desarrollo, como beneficio muchos han experimentado crecimiento económico producto de la adopción y adaptación de tecnología externa; posteriormente conforme avanza su madurez en el uso de las TIC generan por sí mismo nuevas tecnologías derivadas para atender su productividad y avances en la búsqueda de su desarrollo sostenible.

En este documento se propone el diseño de un modelo para implementar un observatorio de las TIC en Honduras; para tal fin se muestra la situación actual del país a través de mediciones internacionales que incluye voluntad de los gobiernos para iniciativas de gobierno electrónico, la brecha digital existente y nivel de competitividad; a su vez se presentan los esfuerzos que otros países de la región centroamericana y latinoamericana han estado realizando con la implementación de observatorios y la publicación de sus indicadores de acuerdo a sus necesidades.

Es la expectativa de los autores que los beneficios que traerá consigo implementar un observatorio TIC para Honduras será que brindará información útil para apoyar en la toma de decisiones a los actores previamente identificados, además podrá ser utilizado de referencia para otros casos de estudio o países.

2. Análisis de las TIC en Honduras

El que Honduras aún no disponga de un observatorio TIC que consolide información sobre esta temática y que incluya indicadores de interés para todos los actores de la sociedad, puede ser atribuible a la falta de datos disponibles al público en el país para realizar análisis sobre el desarrollo de las TIC por parte de las entidades que los producen o son responsables de coleccionar. Para desarrollar este trabajo fue necesario utilizar datos publicados por organismos internacionales quienes refieren su obtención directamente con entidades del Estado de Honduras.

Para el análisis de la situación de las TIC en Honduras se revisó información que mide la voluntad de los gobiernos en la

implementación de iniciativas de gobierno electrónico, la brecha digital y nivel de competitividad del país; trabajando con datos publicados por las Naciones Unidas, el Banco Mundial y el Foro Económico Mundial, quienes a su vez utilizan fuentes de información del Fondo Monetario Internacional entre otras entidades internacionales.

Las fuentes consultadas describen la situación actual de Honduras sobre la voluntad de los gobiernos en adoptar el uso de las TIC en sus gestiones para impulsar iniciativas de gobierno electrónico; pero al observar los resultados de las mediciones crece la expectativa sobre los beneficios del diseño del modelo propuesto en este trabajo y se puede inferir que a través de un observatorio TIC el gobierno y la sociedad en general podrán sacar el máximo provecho sobre la utilización del ecosistema de las TIC [2], [3].

Entre los documentos consultados como instrumentos para abordar la comparación de la situación de Honduras con el resto de países del mundo y que enriquecen el contenido de este escrito están los siguientes: Agenda Digital de Honduras 2014-2018 desarrollada con el apoyo del BID en el año 2013, el Informe Global de Tecnología de la Información del año 2016, el Reporte Global de Competitividad 2019 del Foro Económico Mundial, la Encuesta sobre Gobierno Electrónico de las Naciones Unidas del año 2020 y el libro El Fin del Trámite Eterno del BID del año 2018.

El artículo "Gobernanza de datos públicos en Honduras" publicado en el Vol. 15 Núm. 2 (2019): Revista de I+D Tecnológico, incluye mediciones internacionales a Honduras respecto a la voluntad y capacidad en utilizar las TIC para la prestación de servicios públicos; siendo una de dicha mediación la encuesta denominada E-Government Development Index (EGDI) del año 2018 publicado por las Naciones Unidas [2], [4].

La referencia previa del año 2018, recientemente ha sido objeto de actualización de datos para la medición del año 2020; por tanto, se considera oportuno describir la misma en este escrito; dicho EGDI durante los últimos diecisiete (17) años, desde el año 2003 al 2020 continúa utilizando los tres (3) indicadores para su medición: [3]

- a.El Índice de Servicios en línea (Online Service Index, OSI; por sus siglas en inglés); mide los servicios integrados de todo el Gobierno, Disminuir brecha digital con los menos favorecidos, Contratación electrónica, Participación electrónica del ciudadano, Gobierno móvil, Entrega de servicio multicanal, Servicio cara a cara, Servicio vía teléfono (call center), Portal web, Correo electrónico, Mensajes de texto (SMS), Aplicaciones y portales para móviles, Quioscos públicos y Redes sociales.
- b.El Índice de Infraestructura de telecomunicaciones (Telecommunication Infrastructure Index, TII; por sus siglas en inglés); que mide la evaluación por cada 100 habitantes de: Usuarios de internet, Suscriptores de banda ancha fija, Suscriptores de banda ancha inalámbrica, Suscriptores de telefonía fija, Suscriptores de telefonía móvil.
- c.El Índice de Capital Humano (Human Capital Index, HCI; por sus siglas en inglés); que mide: Personas con más de 15 años que entienden, leen y escriben frases del diario vivir, total de alumnos matriculados en primaria, secundaria y nivel superior, años esperados de escolaridad de un niño, años de educación alcanzada promedio de personas de 25 años y superior.

La reciente actualización de la medición del EGDI del 2020; ubica a Honduras en la posición 138 de los 193 Estados miembros de las Naciones Unidas, el valor se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1: Posición de Honduras en el EGDl, 2020.

Rango	País	EGDI	OSI	TII	HCI
138	Honduras	0.4486	0.4647	0.3244	0.5568

La medición del EGDl del año 2020 para Honduras, es el más bajo de su historia, manteniéndose la medición del 2010 como la mejor a la fecha, ver cuadro 2 y gráfico 1.

Cuadro 2: Rangos EGDl de Honduras en los últimos 17 años.

2003	2004	2005	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
124	113	115	110	107	117	114	127	123	138

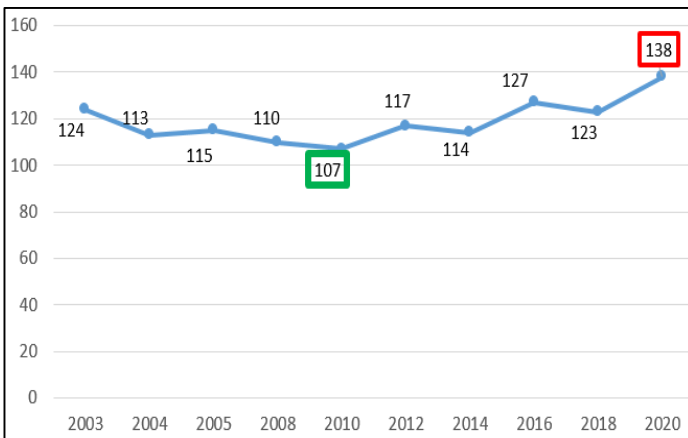


Gráfico 1: Rangos EGDl de Honduras en los últimos 17 años.

Las mediciones para el 2020 de las tres variables del EGDl se detallan a través de los gráficos 2, 3 y 4 a continuación:

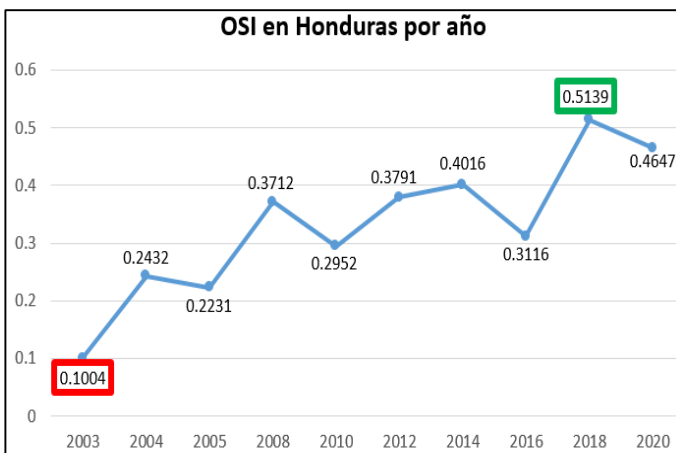


Gráfico 2: Trayectoria del OSI en Honduras según EGDl.

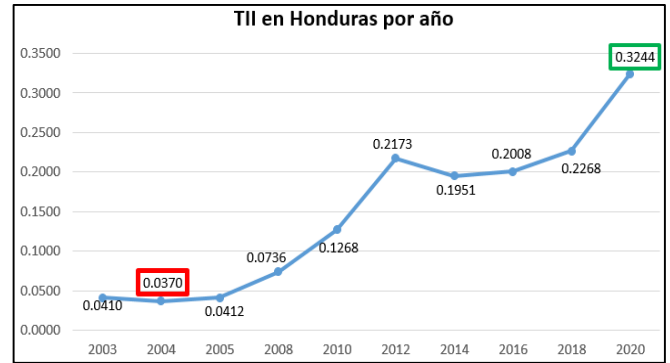


Gráfico 3: Trayectoria del TII en Honduras según EGDl.

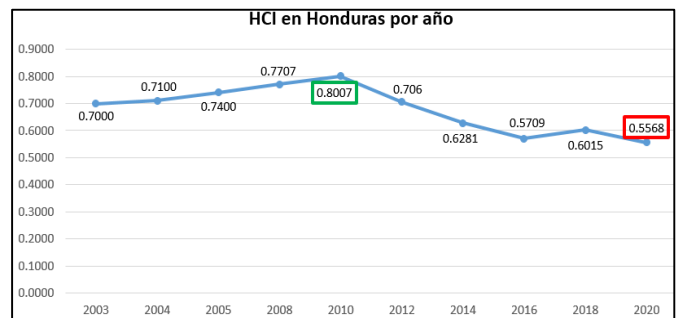


Gráfico 4: Trayectoria del HCI en Honduras según EGDl.

Otra medición internacional utilizada para los fines de este trabajo es el Índice de Disponibilidad en Red o Networked Readiness Index, NRI; por sus siglas en inglés del año 2016 publicado por el Foro Económico Mundial, o World Economic Forum, WEF; por sus siglas en inglés, mediante el cual es posible analizar la brecha digital en Honduras, el mismo utiliza cuatro (4) subíndices y diez (10) pilares claves en su medición [7].

El aprovechamiento de las TIC no debe estar supeditado solo a quien tiene acceso a utilizar una computadora, sino también a la legislación del país sobre las TIC, el acceso a internet, el uso personal, empresarial o gubernamental para gozar de las facilidades y beneficios que ellas brindan a los ciudadanos en su quehacer diario.

La brecha digital en Honduras, al ser analizada mediante el NRI muestra que la medición de Honduras en el año 2016 quedó ubicada en la posición 94 de 139 Estados evaluados, ver cuadro 3; su puntuación fue de 3.7 del máximo a obtener que es 7; es decir alcanzó un 52.8% de utilización efectiva de las TIC; significa que existe una brecha digital por atender en el orden del 47.2%; para la evaluación y análisis el WEF utiliza cuatro subíndices y diez (10) pilares claves en su medición.

Además, los últimos resultados de la evaluación del reporte global de competitividad 2019 del WEF agrega valor al propósito de este trabajo mediante el Índice de Competitividad Global (ICG) 2019 en su pilar No. 3: Adopción de las TIC, el cual muestra un bajo nivel alcanzado por los países latinoamericanos y por Honduras en particular, tal como se muestra en el cuadro 3.

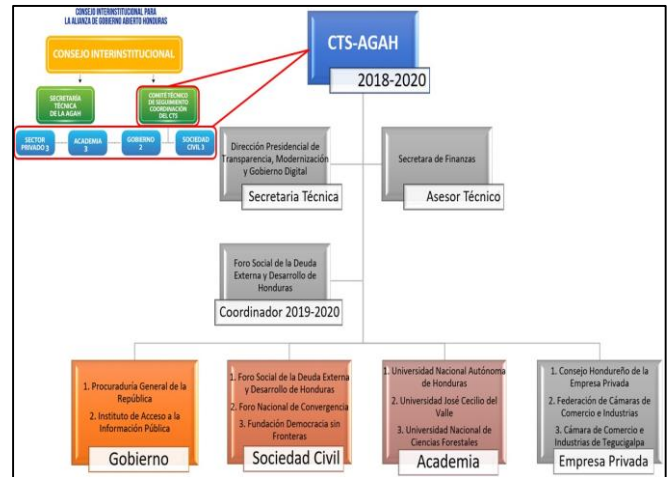
Cuadro 3: ICG Honduras, 2019, Pilar 3

ICG 4.0 (141 Países)	CR (62)	PA (66)	DO (78)	GT (101)	HN (101)	SV (103)	NI (109)
ICG 4.0 (100 puntos)	62	62	58	54	53	53	52
Adopción de las TIC	60	50	52	38	30	41	46
Suscripciones de telefonía celular móvil		Suscriptores de banda ancha móvil					
Suscripciones de Internet de banda ancha fija		Suscripciones a internet por fibra					
Usuarios de Internet							

Los resultados de las mediciones internacionales no se muestran tan favorables para Honduras en comparación con el resto de países; por tanto, brinda la oportunidad para proponer el implementar un observatorio TIC con el fin de monitorear indicadores claves para propiciar el desarrollo en beneficio de la sociedad [3], [7], [8].

Siendo que Honduras es parte de la iniciativa internacional de las Naciones Unidas denominada Alianza para el Gobierno Abierto (AGA) (Open Government Partnership, OGP; por sus siglas en inglés), adherida el 10 de agosto del 2011 mediante la suscripción de la carta de intenciones con el compromiso de combatir la corrupción y fortalecer las políticas de transparencia y rendición de cuentas y el fomento a la participación ciudadana y que ese mismo año presentó su primer plan de acción de gobierno abierto (PAGAH) período 2012-2014 y que desde entonces a la fecha Honduras ha desarrollado cuatro planes de acción, publicándose el último PAGAH 2018-2020 denominado “IV Plan de Acción de Estado Abierto, Honduras 2018-2020” el cual incluye veinte compromisos entre ellos los relacionados con el uso de las TIC son los siguientes: “1. Portales de rendición de cuentas garantizando mayor acceso a la información pública”, “3. Datos abiertos para uso y beneficio de la ciudadanía”, “4. Apertura de datos en proyectos de obra pública”, “7. Catálogos electrónicos

municipales y plataforma de compras del Estado con modelo de participación ciudadana”, y “12. Simplificación administrativa, con trámites en línea y denuncia ciudadana”, “15. Hacia una justicia abierta expediente digital mayor transparencia en el proceso”; por tanto, dicha iniciativa de la Alianza para Gobierno Abierto de Honduras (AGAH) puede ser la plataforma para implementar el observatorio TIC ya que cuenta con una estructura orgánica responsable de formular y ejecutar los planes de acción de gobierno abierto de manera conjunta entre el gobierno, empresa privada, la academia y la sociedad civil; ver estructura 1 [9].



Estructura 1: Comité Técnico de Seguimiento AGAH, 2018-2020.

3. Experiencias internacionales de observatorios TIC

Diversos países latinoamericanos tienen experiencias con la implementación de observatorios TIC, aunque sus indicadores son diferentes estos han sido desarrollados para cubrir sus propias necesidades intrínsecas, su descripción muestra la importancia que cada país tiene de las TIC para beneficiar a la sociedad; ver cuadro 4

Cuadro 4: Indicadores de países con observatorios TIC

Costa Rica, http://www.prosic.ucr.ac.cr/	
#	Indicadores
1	Marco Institucional y Políticas Públicas TIC en Costa Rica
2	Marco Regulatorio del Sector de Telecomunicaciones
3	Acceso y uso de las TIC en el Estado
4	Acceso y uso de las TIC en los Hogares Costarricenses
5	Acceso y uso de las TIC en el Sector Productivo
6	Las TIC en el Sistema de Salud
7	Ciudades Inteligentes
8	Inteligencia Artificial la Tecnología del Futuro
Panamá, https://www.panamahub.digital/es/proyectos/optic	
#	Indicadores
1	Implementación del Clúster TIC
2	Mercado
3	Recurso Humano
4	Innovación
5	Indicadores comparables Internacionalmente
El Salvador, https://www.conacyt.gob.sv/?page_id=3021	
#	Indicadores
1	Estadísticas nacionales de ciencia y tecnología de educación superior
2	Estadísticas nacionales de ciencia y tecnología de gobierno
3	Estadísticas nacionales de ciencia y tecnología de ONG's
4	Estadísticas nacionales de ciencia y tecnología de sector empresa

Colombia, https://www.observatorioti.gov.co/	
#	Indicadores
1	Asociatividad
2	Calidad
3	Gestión empresarial
4	Infraestructura
5	Ratios financieros
6	Investigación, Desarrollo e Innovación
7	Talento Humano
8	Generalidades del sector
9	Principales indicadores
Chile, www.observatoriodigital.gob.cl	
#	Indicadores
1	Gobierno abierto
2	Enfoque ciudadano
3	Gestión y Gobierno
4	Modernización
5	Sociedad de la información
México, https://recursos.ucol.mx/observatic/	
#	Indicadores
1	Aplicaciones
2	Ciberseguridad
3	Estudios
4	Prácticas con TIC
5	Prospectiva
6	Tendencias
Uruguay, https://observatic.edu.uy	
#	Indicadores
1	Sociedad de la información y el conocimiento
2	Políticas públicas y TIC para el desarrollo
3	Economía basada en conocimiento
4	Medios digitales y nuevas formas de comunicación
5	Participación, sociedad civil, movimientos sociales y tecnologías digitales
6	TIC y género
Ecuador, https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/	
#	Indicadores
1	Acceso y uso
2	Infocentros
3	Telecomunicaciones
4	Gobierno Electrónico
5	TIC en Empresas
6	Empresas sector TIC
7	Indicadores Internacionales
Paraguay, https://www.senatics.gov.py/observatorio	
#	Indicadores
1	Índice de Disponibilidad de Red (NRI)
2	Índice de Desarrollo TIC (IDI)
3	Índice de Desarrollo de Banda Ancha (IDBA)
4	Índice de Innovación Global (GII)
5	Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (EGDI)

Sobre el resto de países de Centro América tal es el caso de Guatemala, no fue posible localizar información sobre la existencia de un observatorio TIC; un tema relacionado corresponde lo que el Banco Interamericano de Desarrollo en su artículo “Promoción del desarrollo digital en Guatemala” publicado a finales del año 2019; le recomienda a dicho país: “coordinación entre las diferentes instituciones encargadas a la hora de recopilar estadísticas, a fin de constituir un observatorio de las telecomunicaciones y las TIC para mostrar progreso y transparencia en el sector” [10].

Para Nicaragua no fue posible localizar información sobre la existencia de un observatorio TIC; en cuanto a Honduras el Instituto Hondureño de Ciencia y Tecnología y la Innovación cuenta con un

“Observatorio Prospectivo” con diversas áreas priorizadas que incluye entre ellas a las TIC; no obstante, no se visualiza una composición de indicadores de estudio y en los boletines publicados el contenido está ordenado por temas descritos en un breve párrafo y un enlace sobre la frase “ver más” que únicamente lleva al lector hacia la fuente primaria de la información relacionada con lo descrito.

Mediante el detalle siguiente se puede identificar la sostenibilidad y efectividad de los observatorios TIC de los países centroamericanos y latinoamericanos analizados, mismos que se han

ordenados conforme al último año de publicación de documentos, ver cuadro 5.

Cuadro 5: Sostenibilidad observatorios TIC

Costa Rica , http://www.prosic.ucr.ac.cr/
Último año de publicación de indicadores
2020, temas: Memoria de las Jornadas de Investigación y Análisis Diálogos sobre los territorios y ciudades inteligentes, Base de datos del II Censo Nacional de Tecnologías de Información y Comunicación en las Municipalidades. Informe Experiencias en los Procesos de Digitalización en las Municipalidades Costarricenses. http://www.prosic.ucr.ac.cr/publicaciones
Ecuador , https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/
Último año de publicación de indicadores
2020 y 2019, temas: Sobre acceso y uso: Indicadores nacionales, Provinciales y Frecuentes; Sobre Infocentros: Implementación, visitas/capacitados y cobertura parroquial; Sobre Telecomunicaciones: Servicio móvil avanzado, telefonía fija e Internet; Sobre TIC en Empresas: Dispositivos TIC, software y talento humano, internet y aplicativos web e inversión en TIC; Sobre Empresas sector TIC: Número de empresas sector TIC y empleo, remuneración y ventas; Sobre Indicadores Internacionales: Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico. https://observatorioecuadordigital.mintel.gob.ec/empresas-y-tic/
Panamá , https://www.panamahub.digital/es/proyectos/optic
Último año de publicación de indicadores
2019, temas: Indicadores comparables Internacionalmente, Utilización de las TIC, Mercado, Recurso Humano. Anexo. Sitios web más visitados por Panamá. https://www.panamahub.digital/files/64/INFORMES/6/OPTIC-Estudio%20de%20Indicadores%20TIC-2019.pdf
México , https://recursos.ucoi.mx/observatic/
Último año de publicación de indicadores
2019, temas: Estudio de Disponibilidad y Usos de las Tecnologías de Información y Comunicación, Evaluación de Servicios y Productos Digitales e Informacionales. https://recursos.ucoi.mx/observatic/diagnostic2019/ https://recursos.ucoi.mx/observatic/esp-2019/
Uruguay , https://observatic.edu.uy
Último año de publicación de indicadores
2018, temas: Personas mayores y tecnologías digitales, La competencia digital en formación inicial docente, La competencia digital docente, Dispositivos digitales en el hogar, Gobierno abierto y participación en políticas públicas mediada por tecnologías digitales, Dando voz a los internautas uruguayos. https://observatic.edu.uy/publicaciones/
El Salvador , https://www.conacyt.gob.sv/?page_id=3021
Último año de publicación de indicadores
2018, temas: Percepción social de la ciencia y tecnología en El Salvador. https://issuu.com/nuevoconacyt/docs/04_percepcion_social_de_la_ciencia
Colombia , https://www.observatorioti.gov.co/
Último año de publicación de indicadores
2017, temas: Propiedad intelectual en Colombia, Brecha de talento digital, Ejecución del gobierno en el sector TI, Estudio de Salarios y Profesionales del Sector de Software y TI. www.observatorioti.gov.co/bulletin , www.observatorioti.gov.co/study
Chile , www.observatoriodigital.gob.cl
Último año de publicación de indicadores
2017, temas: Catastro de Trámites del Estado, Metodología de Priorización de trámites a digitalizar, Estudio razones de uso de trámites presenciales, Estudio Indicadores de Gobierno Digital, Estudio de Caracterización de la Interoperabilidad en el Estado de Chile http://www.observatoriodigital.gob.cl/fecha-documentos/2017.html
Paraguay , https://www.senatics.gov.py/observatorio
Último año de publicación de indicadores
2017, temas: Encuesta Empresas Consumidoras TICs, Encuesta Empresas Productoras TICs y Encuesta Acceso y Uso de Internet Paraguay https://www.senatics.gov.py/observatorio/publicaciones

4. Modelo de observatorio TIC para Honduras

El uso de las TIC y el desarrollo de la industria tecnológica en Honduras se visualiza atomizada, aunque existe un sector tecnológico emprendedor pujante que ha encontrado mecanismos para ir formándose a sí mismo a través de la interacción unos con otros. No obstante, la asequibilidad y el acceso a las mismas dificultan la proliferación y consolidación del sector por los ciudadanos, empresas, academias y gobierno.

Considerando los resultados del análisis de las TIC en Honduras puede ser de mucho provecho para el país la implementación de un observatorio de las TIC, para propiciar el interés del gobierno, empresa privada, academia y sociedad civil para su desarrollo hasta lograr la publicación de indicadores a través de un portal web que

albergue la información consolidada y actualizada sobre esta temática en Honduras.

Para el fin antes descrito, se proponen tres (3) dimensiones a nivel de diseño que deben conformar el observatorio en referencia:

1. Recolección de datos y monitoreo de indicadores TIC, 2. Procesamiento y análisis de datos y 3. Publicación y retroalimentación de información.

1. Recolección de datos y monitoreo de indicadores TIC:

Esta dimensión tiene como fin establecer un marco general de recolección de información y monitoreo de indicadores relevantes para evaluar las mejoras de las TIC en Honduras, para lo cual se requiere recolectar la información de análisis mediante la investigación en fuentes primarias y secundarias para su actualización permanente.

Entre los indicadores propuestos están: a) Avance de iniciativas de gobierno digital en Honduras, b) Reducción de la brecha digital en el país, c) Desarrollo de profesionales de las TIC, d) Investigación científica sobre beneficios del uso de las TIC, e) Desarrollo de la industria de las TIC, f) Adopción de tecnologías emergentes, g) Transformación digital e h) Inversión anual en las TIC.

2. Procesamiento y análisis de datos:

El observatorio TIC para Honduras, debe utilizar aplicaciones

informáticas especializadas compatibles para utilizar la iniciativa de intercambio de datos y metadatos estadísticos (Statistics Data and Metadata Exchange, SDMX, por sus siglas en inglés) promovida por: el Banco de Pagos Internacionales (BIS), Banco Central Europeo (BCE), Eurostat, Fondo Monetario Internacional (FMI), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), División de Estadística de Naciones Unidas (UNSD y el Banco Mundial; para generar formatos estándar para los datos y metadatos intercambiados para procesar y analizar procedentes de fuentes primarias y secundarias relacionadas con el marco general de indicadores de las TIC.

3. Publicación y retroalimentación de información:

Con el fin que el observatorio TIC para Honduras se convierta en un referente de información actualizada sobre el uso de las TIC en el país, se requiere del uso de un sitio web continuamente actualizado con publicación periódica de boletines, estudios temáticos y otros de interés para para el gobierno, empresa privada, academia y sociedad civil.

Para la operación del observatorio se propone una estructura orgánica con el fin de garantizar su sostenibilidad, al mantener actualizada la información que se capture producto de investigación, procesarla, analizarla y publicarla para los fines establecidos, ver diagrama 1.

La estructura orgánica propuesta para el funcionamiento del observatorio TIC para Honduras está conformada por:

a) Comité Directivo:

Responsable de dirigir, promover, organizar, realizar y evaluar la investigación científica que se realizará a partir del monitoreo de indicadores de las TIC por parte del observatorio.

b) Coordinador:

Responsable de operatividad del observatorio, estando bajo su autoridad las secciones descritas en la estructura orgánica; retroalimentando al Comité Directivo.

c) Comité consultivo:

Apoyar al coordinador del observatorio asesorando sobre actividades de gestión, brindar sugerencias sobre políticas y estrategias, proyectos a desarrollar, indicadores que se necesitan analizar en el país y otros aspectos.

d) Sección recolección de datos y monitoreo de indicadores:

Responsable de coordinar la recolección de datos y del diseño y monitoreo de indicadores TIC, presentando resultados objetivos y oportunos. La sección, podrá realizar estudios cuantitativos y/o cualitativos de carácter exploratorio, comparativo, longitudinal, etc. que permitan complementar los análisis regulares y proponer formas de aprovechar de manera más completa los resultados.

La investigación realizada por los investigadores se enmarcará en los indicadores del observatorio definidos en consonancia con las necesidades de país en materia TIC.

e) Sección procesamiento y análisis de datos:

Responsable del intercambio de datos, registro, procesamiento y análisis electrónico de datos utilizando aplicaciones informáticas para poder producir la información para alimentar los indicadores TIC que monitoreará el observatorio.

f) Sección de publicación y retroalimentación de información:

Responsable de divulgar entre la comunidad científica, la empresa privada, sociedad civil, la academia y el sector público; el monitoreo de indicadores TIC y las diversas investigaciones que se desarrollarán en el observatorio, así como de la difusión de sus resultados, informes y otra información que se realizará como parte de su quehacer. La difusión y publicación de los indicadores actualizados se realizará de manera digital mediante informes anuales, eventos públicos como foros, conferencias y paneles.

De igual manera a través de esta sección se podrán generar los espacios para recibir las retroalimentaciones de los lectores o receptores de la información con el fin de mejorar la calidad de la información que se produzca, aplicando un ciclo de mejora continua.

La estructura propuesta podrá ser revisada y modificada conforme las prioridades y necesidades de la institución que auspice el observatorio.

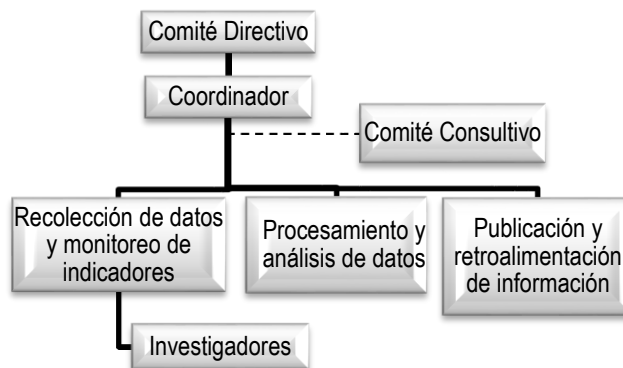


Diagrama 1: Estructura organizativa observatorio.

En adición se incluye propuesta de un logo para ser incorporado en el sitio web que publique los datos de los indicadores, ver figura 1.



Figura 2: Logo del observatorio TIC para Honduras.

4.1. Metodología para gestionar la información

Considerando que Honduras es parte de la iniciativa internacional de las Naciones Unidas denominada Alianza para el Gobierno Abierto (AGA) (Open Government Partnership, OGP; por sus siglas en inglés) desde el 2011 y que, para la formulación y ejecución de los planes de acción cuenta con una estructura orgánica compuesta por el gobierno, empresa privada, la academia y la sociedad civil; dicho espacio se convierte en el ambiente propicio para la el desarrollo de un observatorio TIC para Honduras; debido a que incluye todos los sectores de interés, debiendo contar con alta participación del sector

académico para promover la objetividad, gobernado por una representación de los principales tipos de actores del sector, para que sea pertinente y para lograr acceso a información de alta calidad.

El observatorio podrá ser realidad como parte de las iniciativas que se ejecuten a través de los compromisos de los Planes de Acción de la Alianza de Gobierno Abierto (PAGAH) relacionados con el uso de las TIC.

El ciclo de trabajo del observatorio debe ser simple para que se pueda concentrar en su valor como una fuente de información de alta calidad; referente al monitoreo de los indicadores, la recolección, procesamiento, análisis de datos, publicación y retroalimentación de la información; dicho ciclo.

La definición y actualización de los indicadores debe realizarse de la manera siguiente: El observatorio será responsable por definir y actualizar los principales indicadores para el sector TIC de Honduras con el fin de dar a conocer el avance de iniciativas de gobierno digital en el país, la reducción de la brecha digital en el país, el desarrollo de profesionales de las TIC, la investigación científica sobre beneficios del uso de las TIC, el desarrollo de la industria de las TIC, la adopción de tecnologías emergentes, la transformación digital y la Inversión anual en las TIC. Podrá ejecutar esta tarea o delegar y supervisar la misma, pudiendo tomar en cuenta como información de interés información que no necesariamente sea de naturaleza numérica; como: contexto político, regulatorio, empresarial y de innovación. Por lo menos una vez por año debe revisar la relevancia de las métricas a utilizar para medir sus indicadores. El observatorio debe sustentar la relevancia de los indicadores, considerando la retroalimentación de los lectores o receptores de información actualizando los mismos con el fin de minimizar en sus mediciones las ambigüedades y entender cómo se relacionan o no con otras mediciones a nivel de país e internacionalmente.

La recolección de los datos con la calidad adecuada para los indicadores aprobados podrá ser ejecutada o delegar y supervisar la misma, los datos recopilados deben ser de fuentes abiertas confiables especializadas según el tema y otra parte por medio de encuestas o preguntas a personas, entidades públicas o privadas o academia o sociedad civil o mediante convenios de cooperación con otras entidades públicas y privadas que recopilan información.

En la medida de lo posible, debe intentar homologar metodologías, planificar indicadores en conjunto y evitar duplicar esfuerzos innecesariamente; debe guardar confidencialidad de las fuentes de información cuando estas así lo requieran para aceptar aportar datos privados o confidenciales y hacer un esfuerzo especial por validar que la información que acepta y utiliza es correcta, clara y razonablemente precisa.

El observatorio debe ser un ente analítico; por tanto, debe interpretar el significado de los datos para las mediciones para los que fueron recolectados, dicha interpretación podrá comunicarse en conjunto o de forma separada con el resultado de las mediciones, pero siempre aclarando que es interpretación y que es información recolectada; al menos una vez al año, debe generar sugerencias concretas de mejoras para el sector sustentadas con el análisis que realiza.

La publicación de la información debe ser pública y estar disponible ampliamente por medios digitales, consistente con los principios de acceso abierto a información pública; salvo en los casos que estén protegidos por acuerdos de confidencialidad o privacidad como condición para obtener la información.

5. Conclusión

La situación del uso o aprovechamiento de las TIC en Honduras conforme las mediciones internacionales muestran que el país requiere realizar esfuerzos adicionales en gobernanza y gestión que permita aprovecharlas para automatizar procesos y brindar mejores servicios en línea al sector público, privado y sociedad en general.

Contar con un observatorio TIC para Honduras con información actualizada y consolidada será una herramienta para el gobierno, la empresa privada, la academia, y la sociedad civil; que servirá de guía o soporte para la toma de mejores decisiones.

La confiabilidad de la información que se produzca y se mantenga actualizada en el observatorio TIC para Honduras, requiere de una institución que auspicie y lo dirija conforme la estructura propuesta con la ejecución de las funciones descritas pudiendo ser la academia inicialmente considerando la necesidad del rigor estadístico sobre los datos a publicar.

Referencias

- [1] Roseth B, Reyes A., Santiso C., Fin del trámite eterno: ciudadanos, burocracia y gobierno digital, Banco Interamericano de Desarrollo, p.117,127, 2018.
- [2] Department of Economic and Social Affairs (2018) E-Government Survey 2018, Gearing e-Government to support transformation towards sustainable and resilient societies; ISBN: 978-92-1-123205-9; e-ISBN: 978-92-1-058156-1; Naciones Unidas.
- [3] Department of Economic and Social Affairs (2020) E-Government Survey, Digital Government in the Decade of Action for Sustainable Development; ISBN: 978-92-1-123210-3; e-ISBN: 978-92-1-005145-3; Naciones Unidas.
- [4] Medina Escoto, F., & Jipsion, A. (2019). Gobernanza de datos públicos en Honduras. *I+D Tecnológico*, 15(2), 46-55. <https://doi.org/10.33412/tdt.v15.2.2233>.
- [5] Mondragón C., Figueroa H., Ramírez M. (2013) Agenda Digital de Honduras, 2014-2018; Versión 1; Secretaría Técnica de Planificación y Cooperación Externa de la República de Honduras.
- [6] Perez A., Moreno M. "Un Observatorio Tecnológico con un enfoque de Inteligencia de Negocio", *Ciencias de la Información* Vol. 45, No. 3, septiembre-diciembre, pp. 11 - 18, 2014.
- [7] Baller Silja, Dutta Soumitra, Larvin Bruno; *The Global Information Technology Report 2016, innovating in the digital economy*; ISBN: 978-1-944835-03-3; World Economic Forum; 2016.
- [8] Klaus Schwab; *The Global Competitiveness Report*; ISBN: 13: 978-2-940631-02-5; World Economic Forum; 2019.
- [9] Comité Técnico de Seguimiento AGAH 2018-2020. "IV Plan de Acción de Estado Abierto, Honduras 2018-2020" [en línea], pp. 19-48. Disponible: www.gobiernoabierto.honduras.org/descargas/IV_PLAN_DE_ACCION_DE_ESTADO_ABIERTO_HONDURAS_2018-2020.pdf [OCT 25, 2018].
- [10] García A., Iglesias E., Puig P., Martínez R.; *Promoción del desarrollo digital en Guatemala, retos y acciones*, Banco Interamericano de Desarrollo, p.26, 2018.

Modelación matemática en un curso de pregrado de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias.

Enseñando matemáticas en contexto

Norma Miller 

Universidad Tecnológica de Panamá

norma.miller@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2875



Resumen

Las ecuaciones diferenciales ordinarias constituyen una parte significativa de cualquier currículo de ingeniería. No obstante, los estudiantes a menudo cuestionan la relevancia para su vida profesional de las matemáticas que aprenden en los cursos de ecuaciones diferenciales ordinarias. En buena medida esto se debe a que en las aulas de matemáticas pocas veces se establecen nexos reales y creíbles entre los conceptos estudiados y los fenómenos y situaciones de la vida real.

Por otra parte, diversas organizaciones vinculadas a la formación de profesionales de la ingeniería por décadas han destacado la capacidad de modelación como una competencia esencial a desarrollar en los estudiantes de ingeniería y carreras afines, y han hecho un llamado para incluir la modelación en los cursos básicos de matemáticas a nivel de pregrado.

En el 2013 el Dr. Brian Winkel, profesor emérito de matemáticas del United States Military Academy, West Point puso en marcha una comunidad abierta de enseñantes y aprendientes para enseñar y aprender sobre ecuaciones diferenciales a nivel de pregrado. La propuesta pedagógica de esta comunidad, denominada modelado primero, ya empieza a conocerse y ponerse práctica en algunas universidades latinoamericanas, aunque todavía no en Panamá.

Este artículo da cuenta de un taller de modelación matemática realizado por el Dr. Winkel en la Universidad Tecnológica de Panamá en febrero de 2020. El taller estaba dirigido a docentes de la propia institución que regularmente imparten el curso de ecuaciones diferenciales ordinarias, con el objetivo de motivarlos a incorporar la modelación matemática en su quehacer docente. Profesores de matemáticas de otras instituciones de educación superior de Panamá, docentes de secundaria, así como estudiantes de posgrado que requerían afinar sus habilidades de modelación matemática para sus trabajos de investigación también participaron.

Posteriormente, algunos de los docentes participantes implementaron escenarios de modelación con sus estudiantes durante el primer semestre del año académico 2020-2021. En este artículo se describe brevemente la respuesta de los estudiantes a esta innovación pedagógica.

Palabras clave: modelación matemática, ecuaciones diferenciales ordinarias, pedagogía activa, enseñanza contextualizada, aprendizaje significativo, innovación pedagógica.

Title: Mathematical Modeling in an undergraduate ODE course. Teaching mathematics in context

Abstract

Ordinary differential equations constitute a significant portion of any engineering curriculum. However, students often question the relevance to their professional lives of the mathematics they learn in ordinary differential equations courses. This is largely due to the fact that they rarely see real and credible connections to real world phenomena and situations in their mathematics classroom.

On the other hand, numerous organizations linked to the education of engineering professionals, have for decades regarded modeling as an essential skill to foster in students of engineering and related professions, and have called for including modeling in university mathematics courses.

Since 2013 Dr. Brian Winkel, Emeritus Professor of Mathematics at the United States Military Academy - West Point, runs an open community of teachers and learners committed to a modeling first approach to teaching differential equations. This pedagogical innovation is starting to be known and used in several Latin-American universities, though not yet in Panama.

This article informs of a mathematical modeling workshop conducted by Dr. Winkel at the Technological University of Panama in February 2020. The workshop was directed to university's math professors who regularly teach the ordinary differential equations course, in the hopes of motivating them to incorporate mathematical modeling into their teaching. Mathematics professors from other higher education institutions of Panama, high school teachers, as well as graduate students who needed to hone their mathematical modeling skills to carry out their research, also participated.

Subsequently, several teachers implemented modeling scenarios with their students during the fall semester of the 2020-2021 school year. Student response to this pedagogical innovation is briefly described.

Keywords: mathematical modeling, ordinary differential equations, active teaching, contextualized teaching, meaningful learning, pedagogical innovation.

Tipo de artículo: Ensayo.

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero 2021.

1. Introducción

Las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) constituyen una parte significativa de cualquier currículo de ingeniería y del currículo ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (CTIM).

No obstante, en los ámbitos de formación en ingeniería en Panamá, al igual que en otros países, los estudiantes a menudo cuestionan la relevancia que tendrá para el ejercicio de su

profesión la matemática que aprenden en las aulas universitarias [1]. Este cuestionamiento se debe en buena medida a que en el aula matemática pocas veces los docentes establecen nexos reales y creíbles a fenómenos y situaciones de la vida real.

Por otra parte, durante varias décadas se ha debatido el rol que deberían jugar las matemáticas en la formación de ingenieros y profesionales de otras ramas con un fuerte componente de matemática aplicada. Importantes organizaciones vinculadas a la formación de estos profesionales, como la Sociedad Europea de Formación de Ingenieros (SEFI), la Asociación Matemática de América (MAA), la Sociedad Matemática Americana (AMS), y la Sociedad para Matemática Aplicada e Industrial (SIAM) destacan la capacidad de la modelación matemática como una competencia esencial a desarrollar en los estudiantes de ingeniería y carreras afines, y han hecho un llamado para dar mayor énfasis a la modelación en los cursos de matemáticas [2].

Los espacios naturales para empezar a desarrollar destrezas de modelación matemática son sin duda los cursos de matemáticas, pero eso pocas veces sucede. La enseñanza de las matemáticas en Panamá, a cualquier nivel, suele ser abstracta y descontextualizada. El conocimiento matemático se aplica, a lo sumo, en los problemas de aplicación de los libros de texto, los cuales los estudiantes no suelen relacionar con el mundo real. Esto dificulta que el estudiante logre establecer las conexiones que le permitirán hacer uso de las herramientas matemáticas que está adquiriendo para pensar acerca de, y proponer soluciones a, problemas reales.

En los Estados Unidos, Brian Winkel ha liderado desde el 2013 una iniciativa para promover la modelación matemática en la enseñanza de las ecuaciones diferenciales desde los primeros años de pregrado universitario e incluso desde la secundaria. Como fundador de la comunidad *Systemic Initiative for Modeling Investigations & Opportunities with Differential Equations*, (SIMIODE), Brian Winkel ha creado y consolidado una comunidad abierta de enseñantes y aprendientes que implementan el esquema de “modelado primero” (*modeling first*) para enseñar y aprender sobre ecuaciones diferenciales [3]. Esta innovación educativa empieza a conocerse y ponerse práctica en algunas universidades latinoamericanas (Ej., Universidad Estatal de Feira de Santana, Brazil; Instituto Politécnico Nacional México, México; Universidad Central del Valle del Cauca, Colombia). Sin embargo, en Panamá, hasta donde tenemos conocimiento, aun es poco conocida.

2. Modelación matemática en el aula

Llevada al aula de clases, la modelación matemática se perfila como una estrategia pedagógica para tender puentes entre la teoría matemática y diferentes preguntas acerca del mundo sobre las cuales ésta puede iluminar nuestro entendimiento y proveer respuestas. A la vez, la modelación matemática “es un entorno de aprendizaje donde se invita a los estudiantes a tomar un problema e investigarlo en referencia a la realidad haciendo uso de las matemáticas” [4]. La literatura sobre el tema apunta a que la modelación matemática, como estrategia de enseñanza, contribuye a que los estudiantes se sientan más motivados a aprender y tengan un aprendizaje más significativo. Si bien las

experiencias han sido principalmente a nivel secundario, se presume que los mismos principios aplican para estudiantes universitarios [5].

Experiencias personales apuntarían a que dicha presunción es correcta. Desde hace varios años venimos asignando proyectos de modelación matemática a estudiantes de Cálculo y de EDO en la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) con la finalidad de establecer firmemente en sus mentes un vínculo entre el contenido matemático del curso y el entendimiento de diversos fenómenos de la vida real. Para hacerlo hemos partido de proyectos de modelación compartidos en Internet. Si bien estos proyectos de clase han resultado experiencias positivas y motivadoras para los alumnos, presentan limitaciones tanto en la temática abordada, como en los aspectos teóricos y prácticos de las actividades propuestas.

El auge que en los últimos años ha cobrado la investigación a nivel de pregrado en la UTP, gracias a la celebración de la Jornada de Iniciación Científica (JIC), seguramente ha contribuido a que algunos estudiantes incursionen en la modelación matemática, ya sea por cuenta propia o guiados por sus asesores de proyecto. Sin embargo, la inmensa mayoría de estos proyectos no surgen dentro de cursos de matemáticas ni son asesorados por docentes de esta disciplina. Fuera del contexto de la JIC, no tenemos conocimiento de actividades de modelación matemática vinculados a la enseñanza formal de las matemáticas de pregrado en la UTP. Colegas docentes que desarrollan o supervisan proyectos de modelación matemática con estudiantes de *posgrado*, generalmente no utilizan esta metodología con estudiantes de *pregrado*.

De lo anterior surgió y se concretó, con el apoyo de Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), una propuesta para realizar en Panamá un taller de modelación matemática, con el objetivo de generar conciencia sobre los beneficios de esta estrategia pedagógica para el aprendizaje significativo de las matemáticas, y de fortalecer la docencia de aquellos profesores que regularmente imparten la asignatura de ecuaciones diferenciales. La capacitación, a cargo del propio Dr. Winkel, dotó a los participantes no solamente de los conocimientos y herramientas para implementar exitosamente la modelación matemática en sus aulas, sino que constituyó un espacio de reflexión sobre su práctica docente, de valoración de la modelación matemática como estrategia pedagógica, y de debate acerca de posibles dificultades para su implementación en la UTP.

3. Taller de modelación matemática

El taller “Modelación matemática en el aula: Enseñando matemáticas en contexto” se realizó del 3 al 7 de febrero del 2020 en el Campus Central de la UTP. En un principio el taller estaba dirigido a docentes de matemáticas de la propia institución. Sin embargo, ante la incertidumbre de llenar los 20-25 cupos disponibles, el compás del evento se amplió y el mismo se divulgó por redes sociales. Finalmente hubo 20 participantes, desglosados como sigue: 9 docentes de matemáticas de la UTP, 1 docente de la UP (tiempo parcial en la UTP), 1 docente de la UDI, 2 docentes de secundaria y 1 docente visitante de una

universidad de los EU, 3 estudiantes de la Maestría en Ciencias de la Ing. Mecánica de la UTP y 3 estudiantes de pregrado también de la UTP. La participación de los estudiantes de maestría se debió a una necesidad de fortalecer su base en modelación matemática para sus trabajos de tesis. Todos los escenarios de modelación tratados en el taller fueron traducidos a español y están disponibles para todo el público interesado en la página Web de SIMIODE (<http://www.simiode.org>)

Durante el taller los participantes tuvimos la oportunidad de explorar la modelación matemática de la mano de un docente de la más alta calidad académica y humana, y con más de 40 años de experiencia utilizando esta estrategia pedagógica con estudiantes de pregrado. La gama de fenómenos o situaciones modeladas asombró a los participantes: se modeló desde *Muerte e inmigración de m&m's* y *Construcción de un túnel por una hormiga*, hasta *Expansión de una mancha de petróleo en el mar* y *Disipación de una burbuja de gas intraocular*.

Si algo quedó clarísimo de este taller es que toda situación cambiante puede modelarse mediante ecuaciones que involucran derivadas, es decir, ecuaciones diferenciales.

Otro aprendizaje que nos llevamos del taller fue la diferencia entre modelos basados en data (experimental o de otro tipo) y modelos derivados “de primeros principios”, como por ejemplo, la modelación de una columna de agua cayendo (vacío de un tanque) a partir del Principio de Conservación de Energía y la Ley de Torricelli. Finalmente, el uso del Solver de Excel facilitó la obtención del valor óptimo de los parámetros de cada modelo y permitió enfocar la atención en la interpretación y validación de los modelos.

En un ambiente cálido y ameno, donde las anécdotas estuvieron a la orden del día, Brian Winkel, profesor emérito de la Academia Militar de Estados Unidos, West Point, maravilló a los participantes por la sencillez y claridad de sus exposiciones, la sensibilidad y consideración hacia los estudiantes, su genialidad pedagógica, y su entrega y dedicación a la tarea docente.



Figura 1. Participantes del Taller de Modelación Matemática.

La evaluación del taller por parte de los participantes fue excelente. Sin embargo, la verdadera “prueba de excelencia” fueron los resultados obtenidos por los tres docentes de ecuaciones diferenciales cuyas circunstancias les permitieron, a

pesar del Covid-19, implementar la metodología durante el primer semestre del año académico 2020-2021. Estos docentes realizaron actividades de modelación utilizando 3 escenarios de modelación diferentes: *Muerte e Inmigración de m&m's*, *Túnel de Hormigas*, y *Ley de Torricelli*. En total, entre los tres grupos más de 100 estudiantes tuvieron al menos una experiencia de modelación matemática en el aula. Esto pudo darse, a pesar de la pandemia.

Es menester señalar que gracias al generoso ofrecimiento del Dr. Winkel los estudiantes de la UTP tuvieron la oportunidad de aprender sobre modelación matemática directamente de este experto de talla mundial, en dos escenarios de modelación realizadas vía TEAMS, en inglés, y con la traducción consecutiva de la Prof. Norma Miller. Estas sesiones fueron grabadas y compartidas a través de la plataforma Microsoft institucional, para beneficio de todos los docentes que quieran implementar la modelación en sus cursos de matemáticas, al igual que de todos los estudiantes que deseen aprender sobre modelación.

En la última semana del semestre a los estudiantes que realizaron las actividades de modelación se les pidió llenar una encuesta anónima a través de la aplicación Google Forms. Más del 90% de los 44 estudiantes que respondieron consideraron que la modelación matemática es beneficiosa para el estudiante, ya que “contribuye a ver la aplicabilidad de las ecuaciones diferenciales a la vida real” y a “apreciar mejor cómo se estudia un problema desde una perspectiva científica”. Resulta significativo que indicaran que la actividad de modelación matemática aumentó su interés por la asignatura de EDO y por la modelación misma, y que recomendaran al docente seguir realizando este tipo de actividades.

Evidencia adicional del impacto del taller en la comunidad UTP fue el hecho de que dos de los *estudiantes participantes* en el taller (uno de ellos recién graduado y otro en el último año de carrera) prepararon y enviaron una intención de propuesta a la Convocatoria Pública de Investigación + Desarrollo + Innovación de Respuesta Rápida al Covid-19 titulada “*Modelación Epidemiológica de la propagación del Covid-19 en Panamá*”, para cuya preparación contaron con el apoyo del Dr. Winkel.

4. Conclusión

A todas luces, la realización del taller fue un éxito. Los participantes vivenciaron la modelación matemática como si hubiesen sido estudiantes de un curso de ecuaciones diferenciales ordinarias. Los participantes docentes pudieron percatarse del potencial de esta estrategia pedagógica para despertar la curiosidad natural y el interés del estudiante en una asignatura que tradicionalmente es percibida como una mera colección de fórmulas y técnicas de resolución analíticas, desprovistas de significado “real”. Más aun, la disponibilidad de actividades o escenarios de modelación en español prácticamente listas para implementarse facilita enormemente la tarea del docente para ponerlas en práctica en su propia aula.

Por su parte, los estudiantes de posgrado y pregrado avanzados que participaron del taller manifestaron su satisfacción con la metodología y desearon haber recibido este tipo de instrucción mucho antes en su formación académica.

Es nuestra esperanza que, a raíz de este taller, empecemos a ver más docentes de la asignatura de ecuaciones diferenciales ordinarias de la UTP poniendo en práctica la modelación matemática, como una manera de motivar y retar a sus estudiantes, fomentando curiosidad e intuición, desarrollando capacidad de razonamiento lógico y crítico, y estimulando pensamiento divergente y creativo en la aplicación de las matemáticas al entendimiento y resolución de situaciones de la vida real.

Este taller tuvo el valor agregado de darle continuidad al Proyecto Piloto de *Metodologías de Enseñanza Activa* que la UTP implementó en el 2014, a través de la Vicerrectoría Académica y con el apoyo de la Iniciativa para el Desarrollo de la Innovación Académica (IDIA) de LASPAU, con la finalidad de elevar la calidad de la docencia en nuestra institución.

Agradecimiento

La autora agradece a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) por el financiamiento

brindado a través de la Convocatoria Pública Continua para Apoyo a Congresos, Jornadas, Seminarios y/o Talleres en Panamá, 2019, contrato No. 179-2019.

Referencias

- [1] L. M. Peña-Páez y J. F. Morales-García, "La modelación matemática como estrategia de enseñanza-aprendizaje: El caso del área bajo la curva". *Revista Educación en Ingeniería*, 11 (21), pp. 64-71, 2016. Disponible en: <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/637>
- [2] (2019) The SIMIODE website. [Online]. Disponible en: <http://www.simiode.org>
- [3] B. Winkel, "Browsing Your Way to Better Teaching", *PRIMUS: Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies*. 23(3): 274-290, 2013. <https://www.simiode.org/resources/235/download/2013Browsing-PRIMUS-Vol23No3PP274-290.pdf>
- [4] J.C. Barbosa, Mathematical modelling in classroom: a sociocritical and discursive perspective. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38 (3), pp. 293-301, 2006. <https://core.ac.uk/download/pdf/12518237.pdf>
- [5] M. Trigueros Gaisman, "Uso de la modelación en la enseñanza de las matemáticas"- *Educación Innovativa*, vol. 9, núm. 46. Instituto Politécnico Nacional México, 2009. <https://www.redalyc.org/pdf/1794/179414894008.pdf>

Captación de niebla como fuente de agua en el Distrito de Las Minas, región de Azuero: Caso de estudio Distrito De Las Minas

Manaen Bobadilla¹ , Rolando Rosales² ,

Abdiel Pino³ 

¹Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Industrial.

²Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales. ³Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología.

¹manaen.bobadilla@utp.ac.pa, ²rolando.jaen@utp.ac.pa, ³abdiel.pino@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2455



Resumen: *Un diseño innovador de atrapaniebla como una fuente alternativa de recolección, almacenamiento y abastecimiento de agua, fundamentado en un diseño sostenible utilizando una estructura de bajo costo de instalación, que permite, sin agotar los recursos o incurrir en gastos económicos y de consumo de energía, mayor capacidad de captación de niebla durante el día; dando como resultado la disponibilidad de mayor cantidad de agua a utilizar. El proyecto se aplicó en una región de gran potencial agropecuario que sufre económicamente por las largas épocas de sequía, poniendo en peligro la seguridad alimentaria del país y el crecimiento agropecuario de la región. El aprovechamiento de la niebla mediante un mecanismo de bajo costo que ayudará a los agricultores, aumentando la posibilidad de producción en la época de sequía, disminuyendo las pérdidas y garantizando un beneficio directo e indirecto para la población que reside tanto en las zonas rurales como las urbanas.*

Palabras claves: Agricultura, agua, atrapaniebla, niebla, sequía, sostenibilidad.

Title: Catchment of fog as an alternative source of water in the Region of Azuero: Case Study District of Mines.

Abstract: An innovative fog catcher design as an alternative source of water collection, storage and supply, based on a sustainable design using a low-cost installation structure, which allows, without depleting resources or incurring economic and energy consumption costs, greater ability to catch fog during the day; resulting in the availability of more water to use. The project was applied in a region of great agricultural potential that suffers economically from long periods of drought, endangering the country's food security and the agricultural growth of the region. The use of fog through a low-cost mechanism that will help farmers, increasing the possibility of production in the dry season, reducing losses and guaranteeing a direct and indirect benefit for the population residing in rural areas such as urban.

Key words: Agriculture, drought, fog, fog catcher, water.

Tipo de artículo: Estudio.

Fecha de recepción: 26 de junio de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Durante los últimos años el problema de la escasez de agua se ha incrementado, afectando a las regiones agrícolas, como lo es la región de Azuero, situación que limita la productividad agropecuaria, generando pérdidas económicas, lo que provoca un aumento significativo en el costo de los alimentos. La situación antes expuesta, se empeora por la importación de alimentos donde se percibe que el 50% de alimentos consumidos por la población panameña son importados de otros países, lo que representa desde una perspectiva general, la existencia de una mayor importación que exportación correspondiente a productos agropecuarios según datos estadísticas de la Contraloría de la República de Panamá [1] en los cuales se señala que el costo de importación de alimentos anualmente asciende la suma de más de 1,000 millones de dólares, lo que constituye pérdidas económicas no solo para el país sino un aumento considerable en los precios de alimentos de la canasta básica.

Desde el año 2011 ha sido la tendencia y no se consideró tomar las medidas certeras para reducir las pérdidas, muy por el contrario, el problema ha ido aumentando, tal como se evidencia en los censos, los estudios estadísticos realizados por la Contraloría [2], un evidente ejemplo de la situación es la tabla 1. que muestra los datos de los porcentajes de pérdida de cultivo de maíz. Los productos de mayor pérdida en la Región de Azuero son los cultivos de maíz y arroz, que son los productos que necesitan grandes cantidades de agua para obtener un producto apto para la venta.

Tabla 1. Estadísticas de pérdida agropecuario año 2011.

Cuadro 312-20. SUPERFICIE SEMBRADA, PÉRDIDA, COSECHA Y RENDIMIENTO DE MAÍZ EN LA REPÚBLICA, SEGÚN PROVINCIA, COMARCA INDÍGENA Y PERÍODO DE SIEMBRA: AÑO AGRÍCOLA 2011/12					
Provincia, comarca indígena y período de siembra	Maíz				
	Superficie (hectáreas)			Cosecha (quintales en grano seco)	Rendimiento por hectárea cosechada (quintales en grano seco)
	Total	Pérdida (1)			
		Cantidad	Porcentaje		
HERRERA	6.440	240	3,7	340.400	54,9
Primera sien	2.020	70	3,5	65.400	33,5
Segunda sien	4.420	170	3,8	275.000	64,7
LOS SANTOS	18.230	470	2,6	1.315.600	74,1
Primera sien	1.650	120	7,3	42.300	27,6
Segunda sien	16.580	350	2,1	1.273.300	78,5

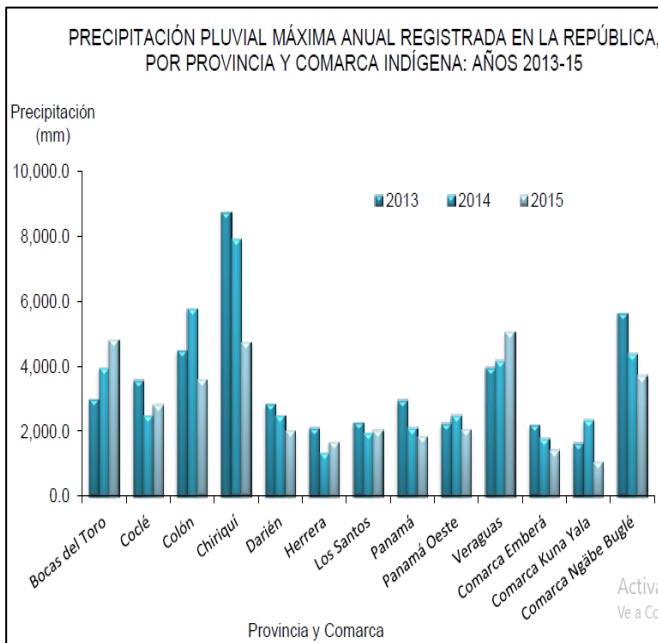
Fuente: adaptado [4]

El problema de la escasez de agua conlleva grandes consecuencias negativas en las cuales se incluyen, el aumento del proceso de desertificación, pérdida de fuentes de agua para el riego de los cultivos lo que ocasiona una pérdida irreparable de los recursos naturales, visto como un escenario que sigue en un aumento exponencial cada año perjudicando la rentabilidad agrícola y limitando el crecimiento económico de la Región de Azuero. Se ha seleccionado la Región Azuero por los factores ambientales, sociales, agropecuarios y económicos que convergen en una misma región, además se cuenta con suficientes evidencias de las grandes pérdidas agropecuarias y económicas en el año 2017 en la Provincia de Los Santos y Provincia de Herrera, alcanzando a una cifra estimada de más de 9 millones de dólares en pérdidas en cultivo de maíz [3].

Una de las características puntuales de la región de Azuero es el aumento de la escasez de agua en diversas comunidades, lo que perjudica directamente el desarrollo y crecimiento agrícola.

La Gráfica 1, muestra los datos recopilados por la Contraloría de la República de Panamá, los cuales reflejan la falta de precipitación desde el año 2013 hasta el año 2015 en contraste a la cantidad de precipitación al año en otras Provincias de Panamá.

Gráfica 1. Cantidad de precipitación en la República de Panamá.



Fuente: adaptado [4]

La región de Azuero cuenta con áreas de superficie física elevada donde se puede divisar la niebla, y considerando que, la misma surge como un fenómeno atmosférico que se da como una nube de espesor, densidad y magnitud variables que se encuentra en contacto directo con la superficie terrestre [5], lo que permite que, en el proceso natural de condensación, se transforme en estado líquido hasta llegar al estado de líquido comprimido [6].

El concepto teórico se basa en que, la neblina es constituida por micropartículas que se encuentran suspendidas en el medioambiente, que surgen de forma natural.

Por lo cual es posible captar la niebla con un mecanismo de malla para obtener agua, la figura 1. ilustra el concepto básico e ideal de la función que debe cumplir el atrapaniebla.

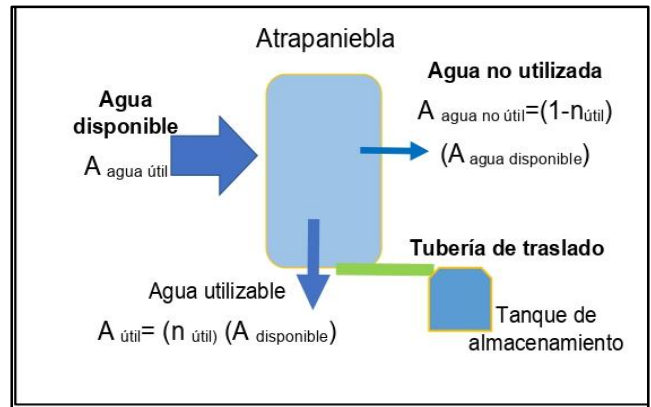


Figura 1. Mecanismo ideal de captación de niebla.

2. Resumen y objetivos de la captación de niebla

Cabe mencionar que, el proyecto busca garantizar la utilidad de un atrapaniebla de bajo costo, cuya elaboración tendría un costo equivalente al 1/3 del costo estándar de fabricación.

El diseño tradicional del atrapaniebla o neblinómetro posee falencias en aspectos esenciales como el costo de instalación, el periodo de vida útil y los altos costos de fabricación [7]. Las limitaciones en el modelo tradicional afectan la capacidad de captación de niebla por la fijación de la estructura, la principal desventaja de la estructura es la rigidez de la malla que a través del tiempo de uso se desgasta a mayor rapidez por las corrientes de aire que aumentan la presión sobre las zonas de fijación. Tales dificultades limitan el desarrollo y la evolución estructural del atrapaniebla, como se muestra en la Figura 2. y en la Figura 3. [8] el diseño tradicional no posee un avance tecnológico en aspectos como eficiencia de materiales utilizados para su fabricación, de darse un daño estructural o rotura en la malla se ha perdido el funcionamiento del atrapaniebla y su utilidad, ocasionando la necesidad de reemplazar todo el atrapaniebla incluyendo la malla situación que ocasiona gastos económicos [9].

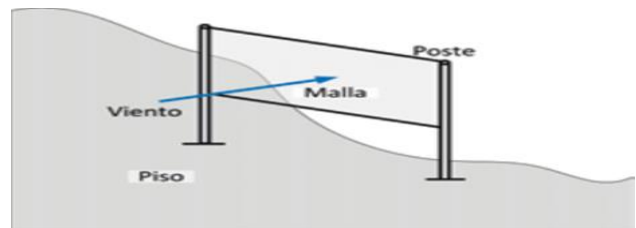


Figura 2. Esquema de Atrapaniebla convencional.

Fuente: adaptado [4]



Figura 3. Atrapaniebla convencional deteriorada.
Fuente: adaptado [4]

2.1 Objetivos Generales

- Obtener agua mediante la captación de niebla por medio de la condensación natural con el objetivo de minimizar las pérdidas agrícolas y económicas en la región de Azuero.
- Desarrollar una alternativa rentable de obtención de agua, de bajo costo, aprovechando las tierras altas de la región de Azuero, sin causar afectación al medio ambiente

2.2 Objetivos Específicos

- Captar la mayor cantidad de niebla y por medio de condensación natural obtener agua en su estado líquido para los riegos de cultivos.
- Asegurar un desarrollo sostenible a las futuras generaciones protegiendo el recurso hídrico de ríos que actualmente poseen altos niveles de contaminación.

3. Materiales y metodología

Con el objetivo de obtener un resultado aproximado de la cantidad de niebla, se aplicó la metodología cuantitativa en la cual se obtuvieron las medidas de humedad relativa utilizando un psicómetro, en diferentes zonas del Distrito de las Minas, se obtuvieron porcentaje mayor del 80% de humedad relativa.

3.1 Desarrollo del Estudio en la Región de Las Minas.

El desarrollo del estudio, en la Región de Las Minas, se realizó con éxito. En ambas fases se obtuvieron resultados positivos, ya que, durante el estudio las autoridades distritales de la región, colaboraron, cabe mencionar a: las autoridades de la Agencia 5 del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Región N°3; Las Minas, quienes facilitaron las entrevistas a los productores de las zonas de alrededor, en especial en la zona de los Birotales, conocer con evidencias y comentarios de los productores los tipos de cultivos que necesitan mayor cantidad de agua, como también, se logró observar y comprender las necesidades del sector agrícola, la figura 4 son los cultivos de poroto que se perdieron en el año 2017 por causa de escasez de agua en los meses de noviembre, diciembre e inicios del mes de enero de 2018, el cultivo de poroto logro germinar, pero sufrió de estrés hídrico

debido a la falta de agua perdiendo rápidamente su potencial de rendimiento [10].



Figura 4. Inspección de cultivo de poroto, noviembre de 2017.

La metodología de investigación cualitativa y cuantitativa se fundamentó en dos fases:

Primera fase: utilizar la metodología de árbol de problema y matriz de Vester para determinar los factores críticos que influyen en el resultado y fiabilidad del proyecto [11]. Árbol de problema es una técnica que permite clasificar los problemas centrales y el contexto del campo de estudio, a continuación, se presenta el análisis en la figura 5.

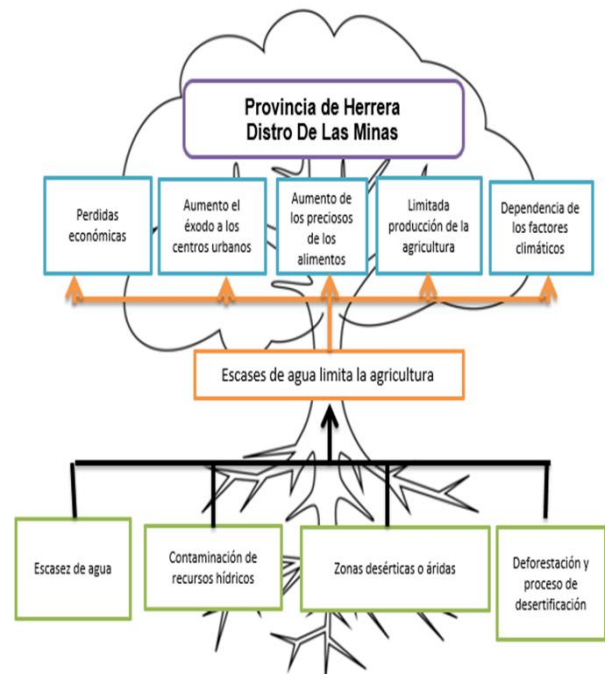


Figura 5. Árbol de Problema basado en el proyecto planteado.

La matriz de Vester permite determinar las variables de riesgo o causalidad del problema central en niveles de importancia como variables críticas, indiferentes y si mantiene una importancia según el tiempo pueden ser variables activas o pasivas [12]. La tabla 2 muestra el cuadro de análisis que se realiza para luego realizar el diagrama de la matriz de Vester que se resumen en la figura 7.

Segunda fase: recopilación de datos de la humedad relativa con el psicómetro.

Tabla 2. Matriz de Vester.

Matriz de Vester	Escala de 0-3
Caso de Estudio Herrera, Distrito De Las Minas	

Situación problemática

Escasez de agua en el Distrito Las Minas, pérdida de 9.5 millones en cultivo de maíz.

Código	Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	INFLUENCIA
P1	Escasez de agua en los meses de noviembre, enero, febrero	0	3	3	3	0	2	0	0	3	2	3	0	0	19
P2	Pérdida de cultivos	3	0	3	3	0	3	0	0	2	3	2	1	0	20
P3	Contaminación de los recursos hídricos, ejemplo: ríos, pozos, quebradas	0	2	0	2	0	1	0	0	0	3	2	0	0	10
P4	Pérdida económica para los agricultores	3	3	2	0	0	2	3	0	2	2	3	0	1	21
P5	Agricultores con menos de 10 hectáreas, para cultivar	3	0	0	2	0	0	0	1	2	3	1	0	0	12
P6	Parcelas de cultivo alejadas de las fuentes de recurso hídrico	0	3	0	3	0	0	0	0	2	0	3	0	0	11
P7	Aumento de las importaciones de alimentos	2	2	1	3	0	0	0	0	3	1	1	1	1	15
P8	Disminución de los miembros que conforman cooperativas agropecuarias	3	3	1	3	1	2	3	0	0	2	2	3	1	24
P9	Baja oferta de productos alimentarios producidos en el país	3	3	2	3	1	2	3	0	0	2	3	0	1	23
P10	Crecimiento de procesos de desertificación en la Región de Estudio	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
P11	Disminución de la producción de maíz, plátano y poroto	3	3	3	3	0	2	2	1	0	3	0	0	0	20
P12	Aumento de migraciones a las ciudades o zonas urbanas	3	3	3	2	0	1	3	0	0	0	1	0	2	18
P13	Proceso de cultivo tradicional sin herramientas tecnológicas de agricultura	3	3	3	1	0	0	0	0	0	2	3	3	0	18
DEPENDENCIA		29	28	24	28	2	15	14	2	14	23	24	8	8	140

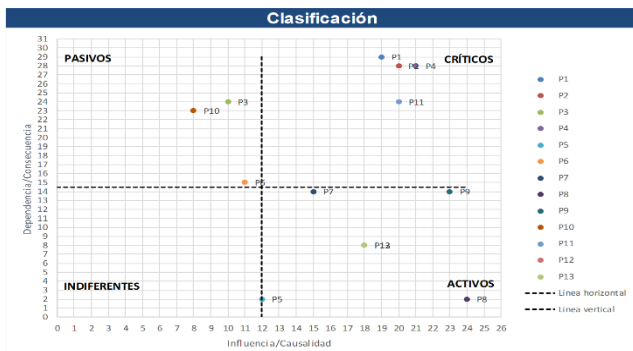


Figura 7. Clasificación de la matriz de Vester.

4. Resultados

El diseño de atrapaniebla propuesto, cumple con dos requisitos importantes para el desarrollo sostenible como lo son, el de bajo costo y las partes que lo conforman han sido reutilizadas, desde las varillas que se utilizan para formar el arco hasta el tanque de agua, son elementos que no deben ser considerados como desechables sino parte de una estructura de bajo costo para la captación de niebla. En la figura 8, figura 9 y figura 10 se ilustra el modelo propuesto.

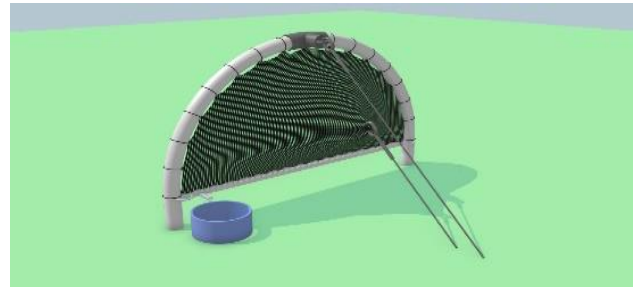


Figura 8. Diseño propuesto de Atrapaniebla, vista frontal.

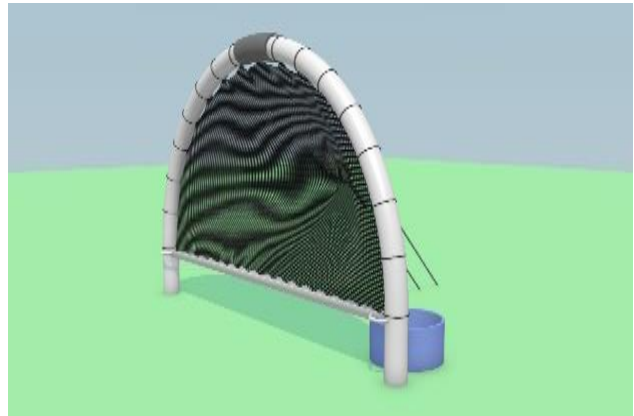


Figura 9. Diseño propuesto de Atrapaniebla, vista posterior.

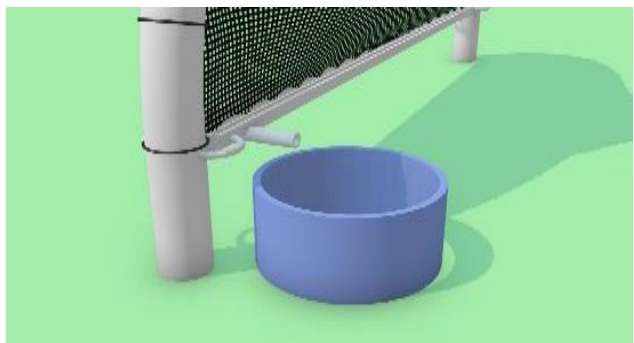


Figura 10. Diseño propuesto de Atrapaniebla, vista de tanque de agua y sistema de tubería.

La propuesta ofrece un diseño en forma de arco que permite una mayor durabilidad o vida útil de la malla, reduciendo la afectación que pueda causar la velocidad del viento en la estructura, como también, mayor captación de niebla por la forma parecida de cono. La distribución del agua, que se almacene en el tanque, se realiza por medio de la gravedad utilizando tuberías de distribución a las parcelas de cultivo.

En la recolección de los datos, se obtuvieron resultados de la humedad relativa y la constante temperatura fundamentaron las posibilidades de la implementación del atrapaniebla en la región de Estudio.

En la tabla 3 se realiza una comparación entre los datos de Humedad Relativa y la temperatura.

Tabla 3. Resultado de la Medición de la Humedad Relativa.

Humedad Relativa (%)	Temperatura (°C)
88.30	23.69
87.84	23.69
89.31	23.70
90.17	23.70
94.30	22.79
90.85	23.70
90.99	23.73
91.58	23.73
99.80	22.70
94.80	22.79
Parámetro de altitud	997 m. s. n. m.

Las mediciones de la humedad relativa con el psicrómetro se realizaron durante un lapso de 20 minutos en diferentes áreas del Distrito De Las Minas.

En la figura 11 se ilustra la recolección de datos de humedad relativa.

La figura 12 muestra la constancia de los valores de mediación en diferentes lugares de la vía principal que recorre los distintos pueblos del Distrito de las Minas.



Figura 11. Medición de la Humedad Relativa.



Figura 12. Metodología utilizada de mediación entre lapso de 1 minuto para obtener los datos del proyecto.

La similitud en aspectos geográficos y físicos de las diferentes comunidades es una ventaja que permite unificar estrategias para alcanzar los objetivos específicos, al haber una semejanza en las condiciones del clima, relieve y provecho de la tierra para la agricultura permite obtener los beneficios de la utilidad del atrapaniebla y aumentar la producción de alimentos principalmente la producción de arroz, poroto y maíz.

Los principales beneficiados al contar con una fuente alternativa para obtener agua de manera natural son los agricultores y cooperativas de productores que posean parcelas de cultivo en zonas alejadas de ríos o fuentes de agua, considerando los principios del cuidado del medio ambiente, sin consumir corriente eléctrica y mediante una estructura de bajo costo [13].

El atrapaniebla pretende dar una solución social rentable a la comunidad agrícola que ha sufrido pérdidas económicas debido a la escasez de agua, y la situación de competencia agrícola se agrava debido a los llamados T.L.C que permiten importaciones de productos como cebolla y arroz. Las pérdidas agrarias ponen en peligro la inversión de los pequeños productores o de las cooperativas agrícolas que depende de los precios de compra que dictan los molineros, en ese sentido, las comunidades donde se realizó el estudio se verán beneficiadas al aumentar la cantidad de agua disponible para utilizar en los riegos y campos de cultivo [14].

5. Conclusión

Los resultados obtenidos, evidencian un contraste entre la información preliminar existente de los sistemas de captación de niebla y diseño, infraestructura del atrapaniebla y el impacto social del mismo, entre los cuales destacamos las siguientes conclusiones:

- a) Los agricultores acogieron de manera positiva la propuesta debido a la necesidad del recurso hídrico para el riego en las épocas secas.
- b) La captación de niebla es una fuente alternativa rentable que permite aumentar la productividad agrícola de la Península de Azuero.
- c) Al aumentar las posibilidades de tener accesibilidad de agua para regar los cultivos se crea la posibilidad de realizar un programa de seguridad alimentaria que inicia en la Región de Azuero y se implementa en otras áreas del país con altos índices de desnutrición.
- d) El atrapaniebla propuesto constituye una estructura de bajo costo, materiales que se encuentran disponibles en el país y la estructura sería de fácil movilidad.

Agradecimiento

Nuestro agradecimiento a los colaboradores de la Agencia 5 del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Región N°3, en especial a los agrónomos Carlos Bustavino y Ángel Santos Barria Ojo. Agradecemos al Profesor Abdiel Pino por apoyar nuestra propuesta y guiarnos en la investigación con sus recomendaciones y consejos. Agradecemos a la Profesora Aura E. Caballero Nicotra por motivarnos a realizar la investigación.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Censo. Contraloría General de la República de Panamá. Cultivos temporales(2011,enero).Available: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=479&ID_CATEGORIA=15&ID_SUBCATEGORIA=60
- [2] Memorando de Entendimiento 1339150 ANAM-SENACYT. Proyecto "Construcción de indicadores de sequía y degradación de tierras en Panamá" pp. 3-18.
- [3] Vielka Corro Ríos (2018, mayo), "Productores herreranos reportan más de 500 mil dólares en pérdidas." [Online]. Editorial por la democracia, S.A. Available:https://www.prensa.com/economia/Productores-herreranos-reportan-dolares-perdidas_0_5021497804.html
- [4] Instituto Nacional de Estadística y Censo. [Online] Contraloría General de la República de Panamá. Available: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P4431aspectos.pdf>.
- [5] Juan Inzunza. Meteorología Descriptiva "Nubes y precipitación" pp.168-170,(2006,enero).Available:http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap6_Inzunza_Nubes%20y%20precipitacion.pdf
- [6] M Olmo R Nave. (2010, enero) "Humedad Relativa." Formula de Termodinámica. [Online] Available:<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Kinetic/relhum.html>
- [7] Andrés Sánchez Araya. Agua de Niebla. Chile, Consultora Profesional Agraria Sur. 2014, pp. 57,65.
- [8] Pilar Cereceda, Pedro Hernández Jorge Leiva, Juan de Dios Rivera (2011-2014). "Agua de Niebla". Proyecto de Investigación. Pontificia Universidad Católica de Chile. [Online]. Impresora La Discusión S. A. Available:<http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2015/12/Libro-Agua-de-Niebla-1.pdf>
- [9] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2012). La economía del cambio climático en Chile. Available:https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37310/4/S1420656_es.pdf
- [10] Lorenceau, É., Clanet, C., & Quéré, D. (2004). "Capturing drops with a thin fiber". *Journal of Colloid and Interface Science*, 279, 192–197. doi:10.1016/j.jcis.2004.06.054
- [11] Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga, Universidad de Málaga (2016). "Agua y emprendimiento social igual atrapanieblas y huertos urbanos". [Online]. Available: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/11606>
- [12] De la Jara, E. (2012). Modelación computacional del impacto de gotas de niebla en fibras cilíndricas. Tesis de Magister Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago Chile.
- [13] Piroird, K., Clanet, C., Lorenceau, É., & Quéré, D. (2009). "Drops impacting inclined fibers". *Journal of Colloid and Interface Science*, 334, 70–74. doi: 10.1016/j.jcis.2009.03.004
- [14] Osses, P., Schemenauer, R. S., Cereceda, P., Larrain, H., & Correa, C. (2000). Los atrapanieblas del Santuario del Padre Hurtado y sus proyecciones en el combate a la desertificación. *Revista de Geografía NorteGrande*, 27, 61–67. Available:<http://www.cda.uc.cl/wp-content/uploads/2018/04/Los-atrapanieblas-del-Santuario-del-Padre-Hurtado-y-sus-proyecciones-en-el-combate-a-la-desertificacion.pdf>

Integración del internet de las cosas en la gestión de la cadena de suministro de alimentos: una revisión bibliométrica

Alcibiades Rodríguez , Karen Ochoa ,
Práxedes Torres 

Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá.
alcibiades71@gmail.com; choakaren0517@gmail.com;
praxedes.torres@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v12.1.2448



Resumen: *Se estima que el internet de las cosas (IoT por sus siglas en inglés) tendrá un rol sustancial en el desarrollo de nuevos paradigmas de gestión de cadena de suministros. La integración de las tecnologías de IoT en las diversas fases de la cadena de suministro contribuirá a solventar los retos de control, monitoreo, y planeación que mantienen las cadenas de suministros tradicionales. En el caso específico de la gestión de cadenas de suministro de alimentos, existen actualmente desafíos importantes derivados de la complejidad en cuanto al manejo y control de los productos perecederos. Sin embargo, a pesar del potencial que brinda el IoT, su integración en la gestión de cadenas de suministro es un tema que aún se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo. Razón por la cual, la presente investigación explora el impacto que tiene la integración del IoT en la gestión de la cadena de suministro de alimentos, a través de una revisión sistemática de la literatura.*

Palabras claves: Cadena de suministro de alimentos, logística de alimentos, internet de las cosas.

Title: Integration of the internet of things in the food supply chain management: a systematic review of the literature.

Abstract: It is estimated that the internet of things (IoT) will play a substantial role in the development of new supply chain management paradigms. The integration of IoT technologies in the various phases of the supply chain will help solve the control, monitoring, and planning challenges that traditional supply chains maintain. In the specific case of food supply chain management, there are currently significant challenges arising from the complexity of handling and controlling perishable products. However, despite the potential offered by IoT, its integration into supply chain management is an issue that is still in its early stages of development. For this reason, this research explores the impact

that the integration of IoT has on the management of the food supply chain, through a systematic review of the literature.

Key words: food supply chain, food logistics, internet of things.

Tipo de artículo: Investigación.

Fecha de recepción: 3 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Hoy en día se vive probablemente el momento más cercano a lo que representó para el hombre, el monumental avance tecnológico-industrial registrado durante la primera revolución industrial. Este conjunto de fenómenos sociales, industriales y tecnológicos ha pasado a denominarse: la cuarta revolución industrial o en términos más contemporáneos, la Industria 4.0

Muchas serán las tecnologías que acompañarán este proceso, sin embargo, [1] perfilan 9 de ellas como las más relevantes, estas son: *big data*, robots autónomos, simulación, integración horizontal y vertical, la nube, fabricación aditiva, realidad aumentada, seguridad cibernética e internet de las cosas (IoT). La IoT ha cobrado especial relevancia para el desarrollo de este trabajo, ya que la integración de este concepto con la cadena de suministro da paso a una serie de aplicaciones que sin duda revolucionarán la manera como se gestionan los procesos industriales.

El IoT corresponde a una red de objetos físicos los cuales se encuentran interconectados con la finalidad de brindar información a la empresa en tiempo real, permitiendo mayor agilidad, visibilidad y mejorando las actividades de rastreo, de manera que se facilitan los procesos de planeación, control y coordinación [2].

Hoy en día, las sofisticadas estructuras que conforman las cadenas de suministro, integradas en un sistema que se encuentra en constante cambio, las hace vulnerables a un sin número de riesgos en todos sus niveles [3]. En este sentido el IoT ofrece la capacidad de llegar a niveles de control, planificación y optimización remota en tiempo real [4].

La cadena de suministro de alimentos (*Food Supply Chain – FSC*) según estadísticas de la FAO, presenta una grave problemática en cuanto al desperdicio de alimentos a nivel mundial. Esto resulta alarmante y pone de manifiesto una problemática que trasciende el aspecto meramente productivo, para retratar una realidad social que resulta inaceptable tomando en cuenta la gran cantidad de personas que padecen hambre alrededor del mundo. Actualmente las cadenas de suministro de alimentos representan una compleja estructura de eslabones que van desde las actividades productivas primarias o agrícolas, pasando por los distribuidores, y llegando al consumidor final a través de actividades de procesamiento, logística y control de los productos alimentarios.

Los alimentos están en riesgo de sufrir múltiples daños a lo largo de la cadena [5], por lo que se requiere que los actores involucrados en su gestión sean capaces de controlar y supervisar

las condiciones de los productos, así como de garantizar la calidad e inocuidad a lo largo de todo el proceso [6].

En función de comprender las implicaciones que podría tener la integración del IoT en las diversas fases de la cadena de suministro de alimentos, se ha planteado identificar a través de una revisión de literatura, los principales aportes científicos que se han realizado en los últimos años referentes a este tema. De esta forma se podrán obtener datos cuantificables, que permitan plantear un panorama general acerca de la literatura existente con lo que se contribuya a visibilizar posibles rutas de solución a la problemática en la gestión de la cadena de suministro de alimentos mediante el uso del IoT.

2. Concepto del internet de las cosas (IoT)

Múltiples definiciones de IoT han sido propuestas a pesar de que este concepto es bastante reciente. Según [7], sintácticamente, este término está compuesto por dos palabras, en donde el término "internet" está orientado a la red y el segundo "cosas" enfocado a los objetos genéricos para integrarlos en un marco común. En este sentido han sido propuestas varias definiciones, a continuación, se detallan algunas de ellas:

Punto de interacción entre los humanos y las aplicaciones mediante la nueva dimensión de la comunicación y la integración de las cosas [8].

Red global integrada por numerosos dispositivos conectados que dependen de tecnologías sensoriales, comunicaciones y redes de procesamiento de información [9].

Se conforma de elementos digitales y físicos que se pueden vincular por medio de tecnologías de información que permiten nuevas clases de aplicaciones y servicios [10].

Los planteamientos anteriores llevan a concluir que el IoT es una red global de objetos conectados a internet y entre ellos, de manera que pueden intercambiar y enviar información en tiempo real, acerca de un proceso específico, facilitando con esto la toma de decisiones.

Por otra parte, según [11] las tecnologías de IoT deben contar con 4 características esenciales que son: interconectividad entre dispositivos, heterogeneidad para que puedan interactuar entre diferentes plataformas, ser resistentes a cambios dinámicos y su comunicación debe ser a gran escala.

2.1 El IoT en la gestión de la cadena de suministro de alimentos

La gestión de la cadena de suministro podría definirse como un proceso que involucra: la planificación de las actividades referentes al abastecimiento, transformación, almacenaje y distribución de alimentos, de manera tal que se logre una optimización total de las actividades involucradas, conllevando con esto el aumento del valor agregado de los alimentos que llegan al consumidor final y al costo mínimo para la empresa.

Hoy en día se requiere atender a millones de personas alrededor del mundo que precisan de alimentos frescos en sus mesas [12]. No obstante, al tratarse de suministros perecederos se tiene un reto extra en cuanto al cumplimiento de las funciones

logísticas básicas, de llevar: los productos correctos, en las cantidades y calidad adecuada, en el tiempo correcto, al lugar correcto y por el precio correcto [13].

Por lo que, ante estos desafíos, la industria de alimentos perecederos deberá adaptar sus modelos de cadena de suministro, con ayuda de sistemas vinculados al IoT, de manera que puedan lidiar con situaciones impredecibles a la vez que cumplen con los requisitos de calidad para alimentos de manera integral [14].

3. Metodología

Este trabajo de investigación se dirige a través de una búsqueda bibliográfica exhaustiva en cuatro (4) bases de datos científicas (Emerald, Science Direct, Wiley Online Library y Springer), a conocer el estado del arte del tema objeto de estudio.

En total fueron consultados 245 artículos preliminares, correspondientes al periodo incluido entre 2010 y 2019. Posteriormente los artículos preliminares fueron depurados para dar con un total final de 135 artículos científicos.

El trabajo investigativo constó de dos etapas: la primera corresponde a una revisión de literatura, que sirvió para encontrar los artículos relevantes del tema de investigación. Durante la segunda etapa se organizó toda la información encontrada de manera cuantitativa, haciendo uso de un análisis bibliométrico.

Para la realización de búsqueda de información se utilizó "La metodología para la realización de búsquedas sistemáticas de literatura" propuesta por [15] que consta de cinco (5) etapas que son: identificación del campo de estudio, selección de fuentes de información, realización de la búsqueda, gestión y depuración de resultados y análisis de los resultados.

Las publicaciones encontradas fueron clasificadas atendiendo al aporte que realizan las mismas a cada eslabón específico de la cadena de suministro de alimentos. Para dicha clasificación se utilizó el criterio presentado por [16] el cual segmenta la cadena de suministro de alimentos en 8 etapas: producción, procesamiento, embalaje, ventas y marketing, logística y distribución, retail, consumidor y residuos.

Además de las 8 categorías propuestas se consideró pertinente agregar las categorías de trazabilidad que cuenta con un número plural de estudios, y la de enfoque múltiple para estudios que abarquen aplicaciones del IoT en más de un eslabón de la cadena de suministro de alimentos. De esta manera se conforman las 10 categorías finales, bajo las cuales se clasificaron cada uno de los 135 estudios identificados en la revisión sistemática de literatura.

4. Resultados

Por medio de la aplicación sistemática de la metodología propuesta por [15] se lograron identificar 135 artículos científicos que esbozan el estado del arte del tema objeto de estudio. En el presente apartado se evalúan estos resultados por medio de un análisis bibliométrico.

La figura 1 muestra la distribución cronológica de las publicaciones identificadas. Resulta evidente que ha habido un incremento notorio en el volumen de publicaciones a partir del año 2013. Esta tendencia ha representado que sólo el periodo

comprendido entre 2016-2019 cuenta con el 85% de las publicaciones identificadas, siendo esto un indicador claro del interés investigativo creciente en este campo. Por otra parte, la tabla 1 muestra las revistas científicas con mayores aportes a este trabajo, siendo las más destacadas: *Computers and Electronics in Agriculture* e *Industrial Management & Data Systems* con 9 y 6 aportes respectivamente. Lo anterior demuestra un interés marcado de estas dos revistas en temas referentes a posibles aplicaciones de sistemas tecnológicos en la solución de problemáticas agrícolas e industriales.

De igual forma se realizó una categorización atendiendo al tipo de metodología utilizada en cada artículo identificado (figura 2), siendo la implementación de modelos y prototipos la de mayor preferencia investigativa con un 57.78% de los estudios, seguida por el planteamiento de diseños conceptuales con un 13.33% y los estudios de revisión con un 11.85%. Estos resultados indican un enfoque centrado mayormente en la resolución de los problemas que mantiene la cadena de suministro de alimentos a través de prototipos robóticos, sistemas de comunicación, softwares, etc.

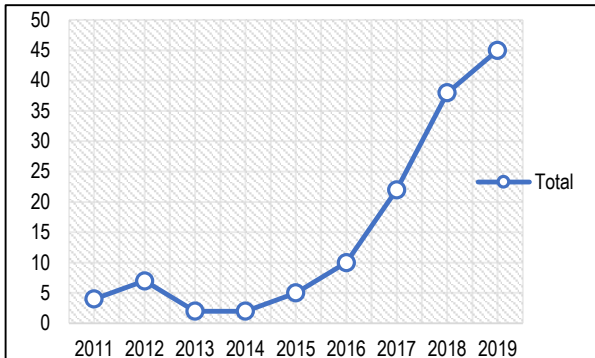


Figura 1. Distribución cronológica de las publicaciones.

Tabla 1. 10 principales revistas con contenido relevante para esta investigación.

Revistas	Cantidad	SJR
Computers and Electronics in Agriculture	9	0.95
Industrial Management & Data Systems	6	1.14
Procedia Computer Science	5	0.28
Food Control	3	1.45
Sustainable Computing: Informatics and Systems	4	0.26
Biosystems Engineering	2	0.83
Concurrency and Computation: Practice and Experience	2	0.31
Neural Computing and Applications	2	0.64
Waste Management	2	1.52
Wireless Personal Communications	2	0.25

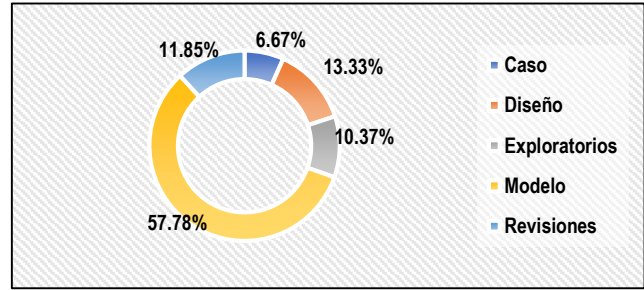


Figura 2. Distribución porcentual de metodologías.

En cuanto a la distribución regional de las publicaciones se observa una marcada tendencia en el volumen investigativo de las regiones asiáticas (tabla 2), las cuales han aportado la mayor parte (66%) de las investigaciones que fueron identificadas en este estudio.

Tabla 2. 10 principales países con mayor productividad respecto al tema en estudio.

País	Cantidad	País	Cantidad
China	50	Brasil	3
India	32	Ecuador	3
Estados Unidos	5	Inglaterra	2

Particularmente China con 50 publicaciones se coloca como el país de mayores aportes respecto a la temática investigada. Estos resultados son consistentes con otras investigaciones que fueron consultadas durante la realización de este trabajo, y en donde igualmente las instituciones chinas figuran como las primeras en volumen investigativo.

4.1 Distribución porcentual de las categorías desarrolladas en las publicaciones identificadas.

Tal como se observa (figura 3), cuatro categorías (producción, procesos, trazabilidad y enfoque múltiple) representan el 91.86% de los estudios identificados, mientras que las restantes 6 categorías (consumidor, embalaje, logística, residuos, retail y ventas) representan el restante 8.14%.

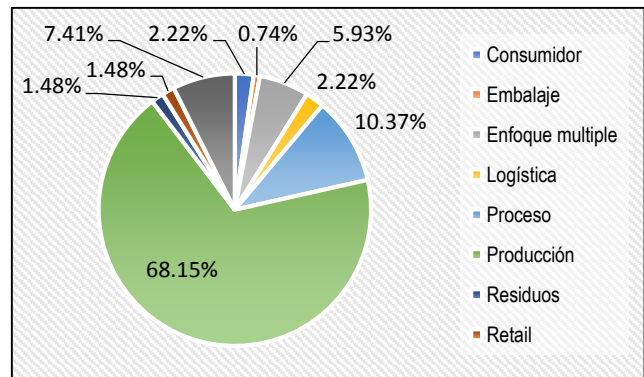


Figura 3. Distribución porcentual de categorías temáticas.

Es importante aclarar que la categoría “ventas” no se encuentra representada dentro de la gráfica anterior ya que ninguno de los estudios identificados mantenía contenido referente a este ámbito. Según lo consultado, la mayor parte de los investigadores mantienen un enfoque hacia el desarrollo de proyectos que integran tecnologías de IoT en el eslabón de “producción” de la cadena de suministro de alimentos, es decir en la etapa relacionada con las actividades productivas primarias o agrícolas.

Así pues, la mayor parte de las líneas investigativas se han enfocado en los aspectos relacionados al mejoramiento en la gestión de las actividades agrícolas tradicionales a través del uso de las diferentes herramientas tecnológicas de gestión que ofrece el internet de las cosas.

4.2 Inventario final de categorías y subcategorías temáticas

A continuación, se presenta un inventario final (tabla 3) de las categorías y subcategorías temáticas finales, así como de la cantidad de artículos identificados en cada una de ellas.

Tabla 3. Resumen de categorías y subcategorías temáticas finales.

Categoría	Subcategoría	Total
Producción	Agricultura inteligente	21
	Acuaponía	1
	Agricultura	28
	Agricultura de precisión	11
	Cadena de suministro agrícola	3
	Cultivos	10
	Hidroponía	2
	Invernadero	4
	Irrigación	8
	Maquinaria	3
	Suelo	1
Procesos	Cadena de frío	2
	Calidad alimentaria	7
	Seguridad alimentaria	5
Embalaje	-	1
Logística	Almacenamiento	1
	Logística alimentaria	2
Retail	-	2
Consumidor	-	3
Residuos	-	2
Trazabilidad	-	10
Enfoque múltiple	-	8
Total		135

4.3 Análisis de las aplicaciones del internet de las cosas en cada eslabón de la cadena de suministro de alimentos.

Se hizo un análisis del rol que juega el IoT en el mejoramiento de cada etapa de la FSC en base a las publicaciones científicas identificadas durante la revisión sistemática de literatura.

Producción: una de las áreas más prometedoras en este eslabón es la de agricultura inteligente, dentro de la cual se distinguen numerosas aplicaciones tecnológicas en los ámbitos de fertilización, monitoreo, micro irrigación [17-37] así como en el de acuaponía [38]. Igualmente se observa un interés científico creciente en el ámbito agrícola en general y en la solución de las problemáticas tradicionales de este sector, específicamente existe un énfasis en aplicaciones como control de plagas, gestión de las enfermedades de los cultivos, gestión inteligente del ganado etc. [39-66]. En el campo de la agricultura de precisión se observa una prevalencia de investigaciones enfocadas en el uso del internet de las cosas para recolección de datos que faciliten la toma de decisiones oportuna [67-77]. El ámbito de gestión integral de cadena de suministro agrícola y sus implicaciones ha sido abordado de igual forma por algunos investigadores [78-80]. En cuanto al uso del internet de las cosas en la gestión específica de ciertos cultivos se pueden identificar estudios tendientes a optimizar la producción, monitorear el crecimiento, así como a generar alertas tempranas contra plagas [81-90]. Por otra parte, se encuentran artículos sobre el uso del IoT en la optimización de métodos controlados de cultivo como la hidroponía [91, 92] y los invernaderos [93-96]. En esta misma línea las preocupaciones sobre la disponibilidad del agua han planteado la posibilidad de buscar en el internet de las cosas un medio que contribuya a la administración eficiente de este recurso [97-104]. Por último, se encuentran estudios referentes a conocer las implicaciones del uso de IoT en ámbitos como la gestión de maquinaria agrícola [105-107] y la administración del suelo [108].

Proceso: uno de los factores más preocupantes durante los últimos años en materia de calidad alimentaria son las condiciones de vulnerabilidad que mantienen los alimentos a lo largo de la cadena de suministros. Se identificaron estudios en las áreas de cadena de frío [109, 110], calidad alimentaria [111-117] y seguridad alimentaria [118-122].

Embalaje: en el ámbito de embalaje se destaca el estudio referente al empaquete inteligente a través de IoT en las cadenas de suministro alimentarias de Brasil [123].

Logística: la preservación de la calidad alimentaria en el proceso de transporte ha sido objeto de análisis por parte de algunos estudios. Se ha hecho énfasis de manera específica en la habilitación de camiones refrigerados con herramientas de IoT que contribuyan a optimizar esta actividad [124]. De igual manera se enfatiza en el uso de ambientes de IoT para la creación de rutas de distribución inteligentes [125]. En cuanto a las labores logísticas de almacenamiento se identificó la investigación sobre el uso de internet de las cosas para el monitoreo del almacenaje de granos [126].

Retail / Minorista: en este eslabón de la cadena de suministro de alimentos se puede destacar el estudio sobre las barreras

existentes en la implementación de un modelo de IoT en las actividades de retail [127], así como la investigación sobre la generación de valor en tiendas de abarrotería por medio del IoT [128].

Consumidor: las tecnologías de IoT han tenido un impacto que trasciende el aspecto industrial, y llega a tener aplicaciones incluso a nivel doméstico. Y es que con el nivel de vida tan ocupado que llevan las personas hoy en día, es difícil gestionar tareas tan comunes como la administración de la despensa. En este sentido el internet de las cosas ofrece soluciones que permiten la posibilidad de conocer el inventario que mantenemos de ciertos alimentos en casa [129, 130]. En esta misma línea se detectaron estudios que brindan aplicaciones para facilitar el pedido a domicilio de alimentos [131].

Residuos: la gestión residuos es una de las actividades de las cuales menor volumen de investigación científica se ha identificado, sin embargo, se observan algunas investigaciones en las áreas de reducción de desperdicios [132] y gestión de residuos en restaurantes [133].

Trazabilidad: durante los últimos años se ha generado el concepto “Farm to table (del campo a la mesa)” para hacer referencia entre otras cosas al hecho de que el consumidor final pueda tener certeza acerca de la procedencia de sus alimentos. En este contexto muchos estudios han tratado de garantizar esta premisa haciendo uso del IoT y técnicas de trazabilidad. En el área agrícola destacan numerosas investigaciones [134- 138]. Así mismo otras líneas investigativas han optado por el estudio en concreto de la trazabilidad de productos específicos como es el caso del: pepino [139], patos [140, 141] y comida pre empacada [142]. Los sistemas autónomos de trazabilidad [143] también se perfilan como un nuevo paradigma en la industria alimentaria.

Enfoque múltiple: en la categoría de enfoque múltiple se encontraron estudios que examinan el impacto integral del IoT a lo largo de la FSC. En este sentido se observan estudios enfocados en el incremento de las ganancias [144, 145] la generación de modelos conceptuales [146], la virtualización de la cadena de suministro de alimentos [147] y el mejoramiento de la eficiencia y control [148, 149]. Así mismo se pudieron identificar dos revisiones de literatura [150, 151] que plantean aplicaciones del IoT en diferentes ámbitos de la FSC.

5. Discusión

Existe un interés creciente en el desarrollo de investigaciones concernientes al impacto que puede tener el uso del internet de las cosas en los diversos eslabones de la cadena de suministro de alimentos. Este aspecto es corroborado con los resultados cronológicos que fueron planteados en apartados previos y en donde se observa un desarrollo investigativo creciente a partir del año 2013. Existe una tendencia investigativa marcada hacia el desarrollo de estudios en la categoría de producción. Esta área en especial de la FSC se presenta como una de las más prometedoras si se toma en cuenta la amplia cantidad de modelos aplicativos y de prototipos que fueron identificados.

El IoT optimizará la FSC ofreciendo entre otras cosas mejores sistemas para la toma de decisiones, capacidades de monitoreo en tiempo real con alertas tempranas, sistemas de utilización

racional de insumos, lo cual ofrecerá beneficios notables en los costos de producción, automatización de procesos y maximización de los márgenes de beneficio.

Por otra parte, los estudios de [152, 148] validan que la mayor parte de las investigaciones se han restringido a eslabones específicos de la cadena de suministro. El trabajo de [43] concuerda en que la mayor parte del volumen investigativo respecto al tópico en estudio se ha desarrollado principalmente en países asiáticos, siendo China el de mayor desarrollo. Mientras que la investigación de [42] respalda el potencial especial que mantiene el IoT en la optimización del eslabón de producción de la FSC.

6. Conclusión

El internet de las cosas ofrece beneficios fundamentalmente en la optimización de todos los eslabones de la FSC. No obstante, se encontró que la mayoría de las investigaciones se encuentran confinadas en ciertos eslabones de la FSC (producción, proceso, trazabilidad) lo cual ha contribuido a que no exista un desarrollo completo del tema en estudio. Se pudo determinar que el interés generalizado en el tema comienza a partir del año 2013, mayoritariamente en la forma de modelos aplicativos y con una prevalencia de investigaciones centradas en la solución individualizada de las problemáticas más que en una visión holística de los beneficios del IoT en la FSC. Se lograron identificar vacíos en la literatura en cuanto a: beneficios económicos potenciales, costos de implementación, así como de las competencias requeridas para una correcta integración del IoT en las actividades de la FSC. Es importante mencionar que los resultados que fueron obtenidos a través de la realización de este estudio complementan la investigación realizada por [152] respecto al rol potencial del IoT en la gestión de la cadena de suministro. En este sentido se brinda una visión mucho más amplia del impacto del uso de las tecnologías de IoT en el caso específico de la FSC, con lo cual se constituye una hoja de ruta para el desarrollo de futuras investigaciones.

Referencias

- [1] M. Rießmann, M. Lorenz, P. Gerbert y W. Manuela, «Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries,» *Boston Consulting Group*, pp. 1-14, 2015.
- [2] K. Butner, «The smarter supply chain of the future,» *Strategy & Leadership*, pp. 22-31, 2010.
- [3] M. Christopher y M. Holweg, «Supply Chain 2.0: managing supply chains in the era of turbulence,» *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management: Vol 41*, pp. 63-82, 2011.
- [4] FAO, «Food Wastage Footprint,» 2013.
- [5] CCA, «Caracterización y gestión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en América del Norte.» Informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, 2017.
- [6] R. Montanari, «Cold chain tracking: a managerial perspective,» *Trends in Food Science & Technology*, pp. 425-431, 2008.
- [7] R. Jedermann, L. Ruiz-García y W. Lang, «Spatial temperature profiling by semi-passive RFID loggers for perishable food transportation,» *Computers and Electronics in Agriculture*, pp. 145-154, 2009.
- [8] H. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess y S. Woelfflé, «Vision and Challenges for Realising the Internet of Things,» European Union, 2010.








- [9] T. Lu y W. Neng, «Future internet: The Internet of Things,» de *2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering(ICACTE)*, Chengdu, 2010.
- [10] D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini y I. Chlamtac, «Internet of things: Vision, applications and research challenges,» *Ad Hoc Networks*, pp. 14979-1516, 2012.
- [11] L. Atzori, A. Iera y G. Morabito, «The Internet of Things: A survey,» *Computer Networks: Vol. 54*, pp. 2787-2805, 2010.
- [12] International Telecommunication Union, «Descripción general de Internet de los objetos,» ITU, Ginebra, 2012.
- [13] Y. Zhang, L. Zhao y C. Qian, «Modeling of an IoT-enabled supply chain for perishable food with two-echelon supply hubs,» *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 117, pp. 1890-1905, 2017.
- [14] C. Eksoz, A. Mansouri y M. Bourlakis, «Collaborative forecasting in the food supply chain: A conceptual framework,» *Int. J. Production Economics*, Vol. 158, pp. 120-135, 2014.
- [15] C. Medina-Lopez, J. A. Marin-Garcia y R. Alfalla-Luque, «Una propuesta metodológica para la realización de búsquedas sistemáticas de bibliografía,» *WPOM-Working Papers on Operations Management*, Vol. 1, p. 13, 2010.
- [16] L. Ramundo, M. Taisch y S. Terzi, «State of the art of technology in the food sector value chain towards the IoT,» *2016 IEEE 2nd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a Better Tomorrow*, pp. 1-6, 2016.
- [17] A. Sinha, G. Shrivastava y P. Kumar, «Architecting user-centric internet of things for smart agriculture,» *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2019.
- [18] K. Archana P. y S. Shefali P., «IoT based Smart.Farming : Feature subset selection for optimized high-dimensional data using improved GA based approach for ELM,» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019.
- [19] M. A. Zamora-Izquierdo, J. Santa, J. A. Martínez, V. Martínez y A. F. Skarmeta, «Smart farming IoT platform based on edge and cloud computing,» *Biosystem Engineering*, 2018.
- [20] G. Lavanya, C. Rani y P. Ganeshkumar, «An automated low cost IoT based Fertilizer Intimation System for smart agriculture,» *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2019.
- [21] M. Taneja, N. Jalodia, J. Byabazaire, A. Davy y C. Olariu, «SmartHerd management: A microservices-based fog computing-assisted IoT platform towards data-driven smart dairy farming,» *Software: Practice and Experience*, 2019.
- [22] R. Krushna Das, M. Panda y S. Shree Dash, «Smart Agriculture System in India Using Internet of Things,» de *Soft Computing in Data Analytics*, 2018.
- [23] L. Kamlesh, G. Hemant, A. Niket y G. Shashank, «Development of IoT for Smart Agriculture a Review,» de *Advances in Intelligent Systems and Computing vol. 841*, Singapore, 2019, pp. 425-432.
- [24] Ö. Köksal y B. Tekinerdogan, «Architecture design approach for IoT-based farm management information systems,» *Precision Agriculture*, 2018.
- [25] J. Li, W. Gu y H. Yuan, «Research on IOT Technology Applied to Intelligent Agriculture,» de *Proceedings of the 5th International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control*, 2016.
- [26] S. Bhowmick, B. Biswas, M. Biswas, A. Dey, S. Roy y K. Subir, «Application of IoT-Enabled Smart Agriculture in Vertical Farming,» de *Advances in Communication, Devices and Networking*, 2019.
- [27] S. AlZu'bi, B. Hawashin, M. Mujahed, Y. Jararweh y B. B. Gupta, «An efficient employment of internet of multimedia things in smart and future agriculture,» *Multimedia Tools and Applications*, 2019.
- [28] E. Symeonaki, K. Arvanitis y D. Piromalis, «Cloud Computing for IoT Applications in Climate-Smart Agriculture: A Review on the Trends and Challenges Toward Sustainability,» de *Innovative Approaches and Applications for Sustainable Rural Development*, Cham, 2019.
- [29] S. Abouzahir, M. Sadik y E. Sabir, «IoT-Empowered Smart Agriculture: A Real-Time Light-Weight Embedded Segmentation System,» de *Ubiquitous Networking. Lecture Notes in Computer Science*, vol 10542., Cham, 2017.
- [30] G. Balakrishna y R. M. Nageshwara, «Study Report on Using IoT Agriculture Farm Monitoring,» de *Innovations in Computer Science and Engineering. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 74, Singapore, 2019.
- [31] J. Mahalakshmi, K. Kuppusamy, C. Kaleeswari y P. Maheswari, «IoT Sensor-Based Smart Agricultural System,» de *Emerging Technologies for Agriculture and Environment*, 2019.
- [32] S. Koshy, V. Srikanth, P. Rajgarhia, K. Chinnusamy, D. Prasad y S. Chunduri, «Application of the internet of things (IoT) for Smart.Farming: a case study on groundnut and castor pest and disease forewarning,» *CSI Transactions on ICT*, 2018.
- [33] K. Kadam, G. Chavan, U. Chavan, R. Shah y P. Kumar, «Smart and Precision Polyhouse Farming Using Visible Light Communication and Internet of Things,» de *Intelligent Computing and Information and Communication. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 673., Singapore, 2018.
- [34] C. Man, L. Guo, Y. Gao y Y. Zhang, «Wisdom Farm Internet of Things Software Design and Selection Program,» de *Communications, Signal Processing, and Systems*, 2020.
- [35] J. Zhang, P. Liu, W. Xue y Z. Rui, «Farmland Intelligent Information Collection System Based on NB-IoT,» de *Cloud Computing and Security. ICCCS 2018*, 2018.
- [36] H. Agrawal, J. Prieto, C. Ramos y J. M. Corchado, «Smart feeding in farming through IoT in silos,» de *Intelligent Systems Technologies and Applications 2016*, 2016.
- [37] H. Cadavid, W. Garzón, A. Pérez, G. López, C. Mendivelso y C. Ramírez, «Towards a Smart Farming Platform: From IoT-Based Crop Sensing to Data Analytics,» de *Advances in Computing. CCC 2018*, 2018.
- [38] M. Odema, I. Adly, A. Wahba y H. Ragai, «Smart Aquaponics System for Industrial Internet of Things (IIoT),» de *Proceedings of the International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2017*, 2017.
- [39] B. Yan, C. Yan, C. Ke y X. Tan, «Information Sharing in Supply Chain of Agricultural Products Based on the Internet of Things,» *Industrial Management & Data Systems*, pp. 116 (7): 1397-1416, 2016.
- [40] B. Yan, X.-h. Wu, B. Ye y Y.-w. Zhang, «Three-level supply chain coordination of fresh agricultural products in the Internet of Things,» *Industrial Management & Data Systems*, 2017.
- [41] P. Jayashankar, S. Nilakanta, W. Johnston, P. Gill y R. Burres, «IoT adoption in agriculture: the role of trust, perceived value and risk,» *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2018.
- [42] A. Tzounis, N. Katsoulas, T. Bartzanas y C. Kittas, «Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges,» *Biosystems Engineering*, 2017.
- [43] J. M. Talavera, L. E. Tobón, J. A. Gómez, M. A. Culman, J. M. Aranda, D. T. Parra, L. A. Quiroz, A. Hoyos y L. E. Garreta, «Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields,» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017.
- [44] J. L. Dos Santos, G. Pessin, C. Da Costa y R. Da Rosa, «AgriPrediction: A proactive internet of things model to anticipate problems and improve production in agricultural crops,» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019.
- [45] H. Tse-Chuan, Y. Hongji, C. Yeh-Ching y H. Ching-Hsien, «A Creative IoT agriculture platform for cloud fog computing,» *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2018.
- [46] L. Zhao, S. Yin, L. Liu, Z. Zhang y S. Wei, «A Crop Monitoring System Based on Wireless Sensor Network,» *Procedia Environmental Sciences*, 2011.
- [47] L. Zhang, I. Dabipi y W. Brown Jr., «Internet of Things Applications for Agriculture,» de *Internet of Things A to Z*, 2018.
- [48] F. Zhang, «Research on Applications of Internet of Things in Agriculture,» de *Informatics and Management Science VI*, 2013.

- [49] M. Gomes, «The Internet of Things as an Integrated Service Platform to Increase Value to the Agriculture Stakeholders,» de *Putting Tradition into Practice: Heritage, Place and Design*, 2017.
- [50] C. Panda y R. Bhatnagar, «Social Internet of Things in Agriculture: An Overview and Future Scope,» de *Toward Social Internet of Things (SloT): Enabling Technologies, Architectures and Applications*, 2020, pp. 317-334.
- [51] Q. Razi y V. Nath, «Design of Smart Embedded System for Agricultural Update Using Internet of Things,» de *Nanoelectronics, Circuits and Communication Systems*, 2019.
- [52] X. Min y W. Kuang, «Study on the Ecological Farming Control System Based on the Internet of Things,» *Wireless Personal Communications*, vol. 102, p. 2955–2967, 2018.
- [53] F. Ferrández-Pastor, J. García-Chamizo, M. Nieto Hidalgo y J. Mora-Martínez, «User-Centered Design of Agriculture Automation Systems Using Internet of Things Paradigm,» de *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, 2017.
- [54] R. Gómez, K. Real, C. Morán, P. Grijalva y T. Recalde, «IoT Applications in Agriculture: A Systematic Literature Review,» de *ICT for Agriculture and Environment*, 2019.
- [55] L. Zhou, L. Song, C. Xie y J. Zhang, «Applications of Internet of Things in the Facility Agriculture,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI*, 2013.
- [56] J. Yu y W. Zhang, «Study on Agricultural Condition Monitoring and Diagnosing of Integrated Platform Based on the Internet of Things,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture VI*, 2013.
- [57] F. Bamigboye y E. Ademola, «Internet of Things: The Present Status, Future Impacts and Challenges in Nigerian Agriculture,» de *Internet of Things. Information Processing in an Increasingly Connected World*, 2019.
- [58] T. Tegegne, H. Balcha y M. Beyene, «Internet of Things Technology for Agriculture in Ethiopia: A Review,» de *Information and Communication Technology for Development for Africa*, 2019.
- [59] H. Zhou, B. Liu y P. Dong, «The Technology System Framework of the Internet of Things and Its Application Research in Agriculture,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture V*, Beijing, 2011.
- [60] Z. Hu, Y. Gao, M. Li, H. Li, X. Yang y Z. Ma, «An Agricultural Habitat Information Acquisition and Remote Intelligent Decision System Based on the Internet of Things,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture XI*, 2019.
- [61] S. Juhi Reshma y A. Pillai, «Impact of Machine Learning and Internet of Things in Agriculture: State of the Art,» de *Proceedings of the Eighth International Conference on Soft Computing and Pattern Recognition*, 2018.
- [62] H. Kang, J. Lee, B. Hyochan y S. Kang, «A Design of IoT Based Agricultural Zone Management System,» de *Information Technology Convergence, Secure and Trust Computing, and Data Management*, 2012.
- [63] P. Jayaraman, D. Palmer, A. Zaslavsky, A. Salehi y D. Georgakopoulos, «Addressing Information Processing Needs of Digital Agriculture with OpenIoT Platform,» de *Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things*, 2015.
- [64] H. Wu, F. Chen, H. Hu, Q. Liu y S. Ji, «A Secure System Framework for an Agricultural IoT Application,» de *Advances in Computer Science and Ubiquitous Computing*, 2017.
- [65] G. Suila, P. Czekalski, E. L. Molua y K. Grochla, «An Architectural Framework Proposal for IoT Driven Agriculture,» *Computer Networks*, 2019.
- [66] A. Merizig, H. Saouli, M. Zouai y O. Kazar, «An Intelligent Approach for Enhancing the Agricultural Production in Arid Areas Using IoT Technology,» de *Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development*, 2019.
- [67] M. C. Vuran, A. Salam, R. Wong y S. Irmak, «Internet of underground things in precision agriculture: Architecture and technology aspects,» *Ad Hoc Networks*, 2018.
- [68] B. Mazon-Olivo, D. Hernández-Rojas, J. Maza-Salinas y A. Pan, «Rules engine and complex event processor in the context of internet of things for precision agriculture,» *Computers and Electronics in Agriculture*, pp. 347-360, 2018.
- [69] T. Popović, L. Nedeljko, P. Ana, Z. Žarko, K. Božo y D. Slobodan, «Architecting an IoT-enabled platform for precision agriculture and ecological monitoring: A case study,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 140, pp. 255-265, 2017.
- [70] K. Abhishek y K. Sanmeet, «Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture,» *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 157, pp. 218-231, 2019.
- [71] K. Foughali, K. Fathalah y f. Ali, «Monitoring system using web of things in precision agriculture,» *Procedia Computer Science*, 2017.
- [72] K. Foughali, K. Fathalah y f. Ali, «Using Cloud IOT for disease prevention in precision agriculture,» *Procedia Computer Science*, pp. 575-582, 2018.
- [73] J. Gómez, A. Fernandez y M. Zúñiga, «Monitoring of Small Crops for the Measurement of Environmental Factors Through the Internet of Things (IoT),» de *Technology Trends*, 2018.
- [74] R. Marcelino, L. Casagrande, R. Cunha, Y. Crotti y V. Gruber, «Internet of Things Applied to Precision Agriculture,» de *Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Networks and Systems*, 2017.
- [75] C. Dewi y R. Chen, «Decision Making Based on IoT Data Collection for Precision Agriculture,» de *Intelligent Information and Database Systems: Recent Developments*, 2019.
- [76] X. Feng, F. Yan y X. Liu, «Study of Wireless Communication Technologies on Internet of Things for Precision Agriculture,» *Wireless Personal Communications*, 2019.
- [77] H. Agrawal, R. Dhall, K. S. S. Iyer y V. Chetlapalli, «An improved energy efficient system for IoT enabled precision agriculture,» *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2019.
- [78] S. Luthra, S. K. Mangla, D. Garg y A. Kumar, «Internet of Things (IoT) in Agriculture Supply Chain Management: A Developing Country Perspective,» *Emerging Markets from a Multidisciplinary Perspective. Advances in Theory and Practice of Emerging Markets*, pp. 209-220, 2018.
- [79] G. Zhang, «Research on the Optimization of Agricultural Supply Chain Based on Internet of Things,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII*, 2014.
- [80] K. Leng, L. Jin, W. Shi y I. Van Nieuwenhuysse, «Research on agricultural products supply chain inspection system based on internet of things,» *Cluster Computing*, 2018.
- [81] A. N. Harun, N. Mohamed, R. Ahmad, A. R. A. Rahim y N. N. Ani, «Improved Internet of Things (IoT) monitoring system for growth optimization,» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019.
- [82] S. Trilles, J. Torres, O. Belmonte, J. Zarazaça, A. González y J. Huerta, «Development of an open sensorized platform in a smart agriculture context: A vineyard support system for monitoring mildew disease,» *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 2019.
- [83] Y. Shiroma, H. Afuso, R. Suwa, A. Kinjo, Y. Tonooka, T. Kaga, I. Nagayama, S. Tamaki y G. Maharjan, «Development of higher yield and high-quality mango production system based on Internet of Things,» *Electronics and Communications in Japan*, 2019.
- [84] M. A. M. R. Guillén, B. López y J. M. Cecilia, «A high-performance IoT to reduce frost damages in stone fruits,» *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2019.
- [85] E. Hincapié, J. Sánchez y J. A. Carbonell, «IoT Network Applied to Agriculture: Monitoring Stations for Irrigation Management in Soils Cultivated with Sugarcane,» de *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II*, 2018.
- [86] D. Wang, T. Chen y J. Dong, «Research of the Early Warning Analysis of Crop Diseases and Insect Pests,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII*, 2013.

- [87] R. Kumar, S. Kumar y R. Krishna, «Crop Monitoring Using IoT: A Neural Network Approach,» de *Soft Computing: Theories and Applications*, 2018.
- [88] P. Jawade, D. Chaugule, D. Patil y H. Shinde, «Disease Prediction of Mango Crop Using Machine Learning and IoT,» de *Advances in Decision Sciences, Image Processing, Security and Computer Vision*, 2019.
- [89] S. Donzia, H. Yeo y H. Kim, «Design and Evaluation of Soil pH IoT Sensor Attribute for Rice Agriculture in Central Africa.,» de *Applied Computing and Information Technology*, 2019.
- [90] J. Guillermo, A. García-Cedeño, D. Rivas-Lalaleo, M. Huerta y R. Clotet, «IoT Architecture Based on Wireless Sensor Network Applied to Agricultural Monitoring: A Case of Study of Cacao Crops in Ecuador,» de *Advances in Information and Communication Technologies for Adapting Agriculture to Climate Change II*, 2018.
- [91] M. Manav, S. Sameer, S. Suresh, J. Rijo y V. M., «IoT based hydroponics system using Deep Neural Networks,» *Computers and Electronics in Agriculture*, pp. 473-486, 2018.
- [92] G. Marques, D. Aleixo y R. Pitarma, «Enhanced Hydroponic Agriculture Environmental Monitoring: An Internet of Things Approach,» de *Computational Science – ICCS 2019*, 2019.
- [93] Y. Tang, M. Jia, Y. Mei, Y. Yu, J. Zhang, R. Tang y K. Song, «3D intelligent supplement light illumination using hybrid sunlight and LED for greenhouse plants,» *Optik*, 2019.
- [94] J. Ruan, X. Hu, X. Hou, Y. Shi, F. T. S. Chan, X. Wang, M. Gunasekaran, G. Mastorakis, M. Constantinos X. y X. Zhao, «An IoT-based E-business model of intelligent vegetable greenhouses and its key operations management issues,» *Neural Computing and Applications*, 2019.
- [95] S. S. Rek, C. B. Kannamma y C. S. Sangamitra, «A Novel Approach of IoT-Based Smart Greenhouse Farming System,» de *Green Buildings and Sustainable Engineering*, 2018.
- [96] Q. Li y H. Wu, «Research on Vegetable Growth Monitoring Platform Based on Facility Agricultural IoT,» de *Communications in Computer and Information Science*, Singapore, 2017.
- [97] S. Zhang, M. Wang, W. Shi y W. Zheng, «Construction of intelligent water saving irrigation control system based on water balance,» *IFAC-PapersOnLine*, 2018.
- [98] M. Hadipour, D. J. Farrokhi y S. M. Aghazadeh, «An experimental setup of multi-intelligent control system (MICS) of water management using the Internet of Things (IoT),» *ISA Transactions*, 2019.
- [99] N. K. Nawandar y V. R. Satpute, «IoT based low cost and intelligent module for smart irrigation system,» *Computers and Electronics in Agriculture*, 2019.
- [100] K. Lakshmi Prabha y C. Govindaraju, «Hydroponic-based smart irrigation system using Internet of Things,» *International Journal of Communication Systems*, 2019.
- [101] S. Koduru, V. Padala y P. Padala, «Smart Irrigation System Using Cloud and Internet of Things,» de *Proceedings of 2nd International Conference on Communication, Computing and Networking*, 2019.
- [102] R. Muley y V. N. Bhonghe, «Internet of Things for Irrigation Monitoring and Controlling,» de *Computing, Communication and Signal Processing*, 2018.
- [103] R. Raut, H. Varma, C. Mulla y V. Pawar, «Soil Monitoring, Fertigation, and Irrigation System Using IoT for Agricultural Application,» de *Intelligent Communication and Computational Technologies*, 2017.
- [104] B. Keswani, A. G. Mohapatra, A. Mohanty, A. Khanna, J. J. P. C. Rodrigues, D. Gupta y V. H. C. De Albuquerque, «Adapting weather conditions based IoT enabled smart irrigation technique in precision agriculture mechanisms,» *Neural Computing and Applications*, 2018.
- [105] R. Zhang, F. Hao y X. Suna, «The Design of Agricultural Machinery Service Management System Based on Internet of Thing,» *Procedia Computer Science*, pp. 53-57, 2017.
- [106] X. Jin, K. Chen, J. Ji, K. D. Zhao y H. Ma, «Intelligent vibration detection and control system of agricultural machinery engine,» *Measurement*, 2019.
- [107] Q. Zhou, J. Jiang, Z. Zhao, J. Zhong, B. Pan, X. Jin y Y. Sun, «Research on the Internet of Things Platform Design for Agricultural Machinery Operation and Operation Management,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture XI*, 2019.
- [108] Q. Wu, Y. Liang, Y. Li, X. Wang, L. Yang y X. Wang, «Factors acquisition and content estimation of farmland soil organic carbon based upon Internet of Things,» *Chinese Geographical Science*, 2017.
- [109] Y. Tsang, K. Choy, C. Wu, G. Ho, H. Lam y P. Koo, «An Internet of Things (IoT)-based risk monitoring system for managing cold supply chain risks,» *Industrial Management & Data Systems*, 2018.
- [110] H. Luo, M. Zhu, S. Ye, H. Hou, Y. Chen y L. Bulysheva, «An intelligent tracking system based on internet of things for the cold chain,» *Internet Research*, 2016.
- [111] Y. Liu, W. Han, Y. Zhang, L. Li, J. Wang y L. Zheng, «An Internet-of-Things solution for food safety and quality control: A pilot project in China,» *Journal of Industrial Information Integration*, pp. 1-7, 2016.
- [112] J. Tervonen, «Experiment of the quality control of vegetable storage based on the Internet-of-Things,» *Procedia Computer Science*, 2018.
- [113] Y. Tsang, K. Choy, C. Wu, G. Ho, H. Lam y V. Tang, «An intelligent model for assuring food quality in managing a multi-temperature,» *Food Control*, 2018.
- [114] M. TahaJilani, M. Zaka Ur Rehman, K. Abid Muhmmad, C. Omer, A. A. Muhammad y T. Muhammad, «An implementation of IoT-based microwave sensing system for the evaluation of tissues moisture,» *Microelectronics Journal*, 2019.
- [115] Y. Ya, C. Huihui, T. Ou, W. Zhou y T. Fan, «Cross perishable effect on optimal inventory preservation control,» *European Journal of Operational Research*, vol. 276, pp. 998-1012, 2019.
- [116] R. Junhu y S. Yan, «Monitoring and assessing fruit freshness in IOT-based e-commerce delivery using scenario analysis and interval number approaches,» *Information Sciences*, vol. 373, pp. 557-570, 2016.
- [117] K. Gupta y N. Rakesh, «IoT-Based Solution for Food Adulteration,» de *Proceedings of First International Conference on Smart System, Innovations and Computing*, 2018.
- [118] K. Harpreet, «Modelling internet of things driven sustainable food security system,» *Benchmarking: An International Journal*, 2019.
- [119] J. Wang y H. Yue, «Food Safety Pre-Warning System Based on Data Mining for a Sustainable Food Supply Chain,» *Food Control*, pp. 73: 223-229, 2017.
- [120] T. Hu, M. Zheng y L. Zhu, «Research Application of the Internet of Things Monitor Platform in Meat Processing Industry,» de *Proceedings of the International Conference on Human-centric Computing and Embedded and Multimedia Computing*, 2011.
- [121] S. Balachandar y R. Chinnaiyan, «Internet of Things Based Reliable Real-Time Disease Monitoring of Poultry Farming Imagery Analytics,» de *Proceeding of the International Conference on Computer Networks, Big Data and IoT*, 2020.
- [122] Y. Gu, W. Han, L. Zheng y B. Jin, «Using IoT Technologies to Resolve the Food Safety Problem – An Analysis Based on Chinese Food Standards,» de *Web Information Systems and Mining*, 2012.
- [123] A. P. Noletto, S. Loureiro, R. Castro y O. Júnior, «Intelligent Packaging and the Internet of Things in Brazilian Food Supply Chains: The Current State and Challenges,» de *Dynamics in Logistics - Proceedings of the 5th International Conference LDIC*, Bremen, Springer, 2017, pp. 173-183.
- [124] Y. Zhang, B. Chen y X. Lu, «Intelligent Monitoring System on Refrigerator Trucks Based on the Internet of Things,» de *Wireless Communications and Applications*, 2011.
- [125] X. Ai y Y. Zhang, «Modeling Analysis of Intelligent Logistics Distribution Path of Agricultural Products Under Internet of Things Environment,» de *Advanced Hybrid Information Processing*, 2019.
- [126] B. Xu, D. Zhang y W. Yang, «Research on Architecture of the Internet of Things for Grain Monitoring in Storage,» de *International Workshop, IoT 2012*, Changsha, 2012.

- [127] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, H. Parekh y S. Joshi, «Modeling the internet of things adoption barriers in food retail supply chains.,» *Journal of Retailing and Consumer Services*, pp. 154-168, 2019.
- [128] A. Fagerstrøm, N. Eriksson y V. Sigurðsson, «What's the "Thing" in Internet of Things in Grocery Shopping? A Customer Approach.,» *Procedia Computer Science*, 2017.
- [129] S. Ulla Shariff, M. G. Gurubasavanna y C. R. Byrareddy, «IoT-Based Smart.Food Storage Monitoring and Safety System.,» de *International Conference on Computer Networks and Communication Technologies*, 2018.
- [130] N. S. Lakshmi, E. Kavinkartik y E. Prabhu, «IoT Based Food Inventory Tracking System.,» de *Advances in Signal Processing and Intelligent Recognition Systems*, 2019.
- [131] X. Hong, «Food Ordering Service System Design for Chinese Urban Commuters Based on Internet of Things.,» de *Distributed, Ambient and Pervasive Interactions*, 2017.
- [132] S. Jagtap y S. Rahimifard, «The digitisation of food manufacturing to reduce waste – Case study of a ready meal factory.,» *Waste Management*, pp. 387-397, 2019.
- [133] Z. Wen, S. Hu, D. De Clercq, M. B. Beck, H. Zhang, H. Zhang, F. Fei y J. Liu, «Design, implementation, and evaluation of an Internet of Things (IoT) network system for restaurant food waste management.,» *Waste Management*, 2018.
- [134] J. Chen, Y. Huang, P. Xia, Y. Zhang y Y. Zhong, «Design and implementation of real-time traceability monitoring system for agricultural products supply chain under Internet of Things architecture.,» *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 2019.
- [135] F. Yang, «The Construction of Agricultural Products Traceability System Based on the Internet of Things—The Cases of Pollution-Free Vegetables in Leping of Jiangxi Province.,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII*, 2014.
- [136] J. Yin, X. Zhang, Q. Lu, C. Xin, C. Liu y Z. Chen, «IoT Based Provenance Platform for Vegetables Supplied to Hong Kong.,» de *Recent Advances in Computer Science and Information Engineering*, 2012, pp. 591-596.
- [137] K. Furdik, F. Pramudianto, M. Ahlsén, P. Rosengren, P. Kool, S. Zhenyu y A. Schneider, «Food Traceability Chain Supported by the Ebbits IoT Middleware.,» de *Dynamics in Logistics*, 2015.
- [138] G. Zhao, H. Yu, G. Wang, Y. Sui y L. Zhang, «Applied Research of IOT and RFID Technology in Agricultural Product Traceability System.,» de *International Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture*, 2015.
- [139] B. Qu, X. Jing, X. Wang, Y. Li y Y. Liang, «Design on Cucumber Traceability System Based on the Internet of Things.,» de *Computer and Computing Technologies in Agriculture V*, 2012.
- [140] L. Liu, P. Liu, W. Ren, Y. Zheng, C. Zhang y J. Wang, «The Traceability Information Management Platform of Duck Product Industry Chain.,» de *Cloud Computing and Security*, 2018.
- [141] L. Liu, P. Liu, F. Wen, C. Zhang, R. Zhao, M. Yan y X. Yu, «Information collection system of duck products based on IoT.,» de *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018.
- [142] Z. Li, G. Liu, L. Liu, X. Lai y G. Xu, «IoT-based tracking and tracing platform for prepackaged food supply chain.,» *Industrial Management & Data Systems*, 2017.
- [143] R.-Y. Chen, «Autonomous tracing system for backward design in food supply chain.,» *Food Control*, pp. 70-84, 2015.
- [144] R. Yan, «Optimization approach for increasing revenue of perishable product supply chain with the Internet of Things.,» *Industrial Management & Data Systems*, 2017.
- [145] Z. Pang, Q. Chen, W. Han y L. Zheng, «Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion.,» *Information Systems Frontiers*, pp. 289-319, 2015.
- [146] Y. Zhang, L. Zhao y C. Qian, «Modeling of an IoT-enabled supply chain for perishable food with two-echelon supply hubs.,» *Industrial Management & Data Systems*, 2017.
- [147] C. Verdouw, J. Wolfert, A. Beulens y A. Riialand, «Virtualization of Food Supply Chains with the Internet of Things.,» *Journal of Food Engineering*, pp. 176: 128-136, 2016.
- [148] R. Accorsi, M. Bortolini, G. Baruffaldi, F. Pilati y E. Ferrari, «Internet-of-things Paradigm in Food Supply Chains Control and Management.,» *Procedia Manufacturing*, 2017.
- [149] S. Jagtap y S. Rahimifard, «Unlocking the Potential of the Internet of Things to Improve Resource Efficiency in Food Supply Chain.,» *Innovative Approaches and Applications for Sustainable Rural Development*, 2019.
- [150] J. Astill, D. Dara, M. Campbell, J. Farber, E. Fraser, S. Sharif y R. Y. Yada, «Transparency in food supply chains: A review of enabling technology solutions.,» *Trends in Food Science & Technology*, pp. 240-247, 2019.
- [151] M. Thibaud, H. Chi, W. Zhoua y S. Piramuthuc, «Internet of Things (IoT) in high-risk Environment, Health and Safety (EHS) industries: A comprehensive review.,» *Decision Support Systems*, pp. 79-95, 2018.
- [152] M. Ben-daya, E. Hassini y Z. Bahrour, «Internet of things and supply chain management: a literature review.,» *International Journal of Production Research*, pp. 1-24, 2017.

Estimación de la entalpía de gelatinización en una mezcla de almidón termoplástico

Avellán Rengifo Adriana Cecilia¹ , Yuly Sandibel Zamora Bazurto¹ , Mendoza Palma Angie Nicole¹ , Zambrano Pinto María Verónica¹ , Zambrano Bazurto Cesar Damián¹ , Ricardo José Baquerizo-Crespo^{2,3} , María Antonieta Riera² 

¹Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Carrera de Ingeniería Química, Universidad Técnica de Manabí.

²Departamento de Procesos Químicos, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí.

³Facultad de Ingeniería Química, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (Cujae), Cuba

{aavellan4301, yzamora9217, amendoza1027, mzambrano6704, czambrano4372, ricardo.baquerizo, maria.riera}@utm.edu.ec

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2864



Resumen:

Los materiales termoplásticos son productos biobasados, elaborados en la mayoría de los casos con almidón proveniente de tubérculos. La pérdida de la estructura del almidón, afecta la durabilidad del material y es una variable que puede evaluarse con la entalpía de gelatinización del proceso. En este trabajo como parte de una experiencia académica, se estimó analíticamente la entalpía de gelatinización de una mezcla termoplástica, haciendo uso de ecuaciones preestablecidas para determinar las pérdidas de calor durante el proceso, así como las entalpías del sistema. Se estableció un diseño factorial de nivel mezclado con tres factores y dos o tres niveles: temperaturas de secado (55, 65)°C, tres masas de almidón (9,3; 10 y 10,7) g y tres tiempos de secado diferentes para cada temperatura (5400, 6600 y 9000) segundos para 55°C y (4500, 5700 y 7500) para 65°C. Se obtuvo una entalpía de gelatinización de 911,57 kJ/kg y 782,43 kJ/kg para 55°C con 9000 segundos de secado y 65°C con 7500 segundos de secado respectivamente. Estadísticamente se comprobó que tanto la temperatura como el tiempo de secado, influyen en el valor que toma la entalpía de gelatinización.

Palabras claves: Almidón, bioplástico, gelatinización, termoplástico.

Title: Estimation of the gelatinization enthalpy in a thermoplastic starch mixture.

Abstract:

Thermoplastic materials are biobased products, made in most cases with starch from tubers. The loss of the starch structure affects the durability of the material and is a variable that can be evaluated with the enthalpy of gelatinization of the process. In this

work, as part of an academic experience, the enthalpy of gelatinization of a thermoplastic mixture was analytically estimated, making use of pre-established equations to determine the heat losses during the process, as well as the enthalpies of the system. A mixed-level factorial design was established with three factors and two or three levels: drying temperatures (55, 65)°C, three starch masses (9.3; 10 and 10.7) g and three different drying times for each temperature (5400, 6600 and 9000) seconds for 55°C and (4500, 5700 and 7500) for 65°C. A gelatinization enthalpy of 911.57 kJ/kg and 782.43 kJ/kg was obtained for 55°C with 9000 seconds of drying and 65°C with 7500 seconds of drying, respectively. Statistically, it was found that both the temperature and the drying time influence the value taken by the enthalpy of gelatinization.

Key words: Starch, bioplastic, gelatinization, thermoplastic.

Tipo de artículo: Investigación.

Fecha de recepción: 30 de septiembre de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

El almidón después de la celulosa, es el polisacárido más abundante en la naturaleza. Es una fuente importante de alimentos para la dieta humana y se encuentra en forma de gránulos en semillas y tubérculos. Está compuesto principalmente por dos poliglucanos: la amilosa y la amilopectina, los cuales contribuyen con las propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón [1], [2]. Tiene diversas aplicaciones en la industria alimentaria, particularmente como agente espesante [3], pero también halla lugar en la fabricación de papel, cartón, textil, farmacéutica y adhesivos [4].

Los cultivos de raíces y tubérculos como la yuca, papa y batata, son ricos en almidón [5], aunque también está presente en algunas frutas como la banana y en semillas de cereales como el maíz, arroz, trigo y quinua [6]. Entre los cereales, el maíz es la principal fuente utilizada para el aislamiento del almidón, el cual se logra mediante molienda húmeda o seca, además de las operaciones de sedimentación, filtración y centrifugación [3].

El almidón es un material abundante y biodegradable con interesantes características fisicoquímicas susceptibles de ser explotadas [7]. Esto aunado al interés creciente en reemplazar los plásticos a base de petróleo por materiales biodegradables, ha alentado el desarrollo de productos a partir de fuentes renovables, incluido el uso de mezclas de almidón con plastificante, para obtener un material termoplástico deformable llamado almidón termoplástico (TPS) [8]. Entre los plastificantes más usados destacan el glicerol y el sorbitol, y su adición ayuda a superar la naturaleza frágil del material elaborado [9].

El TPS se considera un biomaterial fácilmente biodegradable y económico, basado en un recurso abundante y renovable, pero con baja temperatura de procesamiento en comparación con otros biopolímeros [10]. Aunque el TPS puede procesarse utilizando técnicas tradicionales de procesamiento de plástico, como lo es el moldeo por inyección y extrusión, tiene entre sus desventajas bajas temperaturas de degradación que dificultan su

procesamiento, malas propiedades mecánicas y alta solubilidad en agua [11], [12]. La fuente de extracción del almidón, la relación amilosa/amilopectina, el tipo de plastificante usado, la adición de material de relleno en la mezcla termoplástica, método de procesamiento, son aspectos que influyen en las propiedades del TPS [13], [14].

El procesamiento del almidón a temperaturas elevadas produce la gelatinización, lo que conduce a cambios relacionados con el ablandamiento en las características de textura del material [15]. La gelatinización ocurre cuando los gránulos de almidón hidratados en agua fría, se someten a calentamiento produciendo un hinchamiento mayor y consecuente rompimiento del gránulo, ocasionando la salida de la amilosa y la amilopectina fuera del grano y la formación de una suspensión viscosa. La temperatura a la cual el grano pierde su estructura se llama temperatura de gelatinización y aunque se produce en un intervalo aproximado de 10°C, varía para cada cereal [16]. Los procesos de molienda en la extracción del almidón [17], el método de secado [18], así como la dosificación del almidón en la mezcla termoplástica [19], afectan la temperatura de gelatinización.

Una propiedad térmica relacionada es la entalpía de gelatinización (ΔH), definida como la energía requerida por los granos del almidón para realizar el proceso de gelatinización [20]. La operación de secado incide en la entalpía de gelatinización, puesto que esta variable disminuye a medida que la cantidad de agua en el material aumenta [21]. Por el contrario, aumenta cuando se incrementan los contenidos de amilopectina y agua en el almidón [22].

Un mayor contenido de estructuras cristalinas en el almidón, exige una mayor cantidad de energía para gelatinizar sus gránulos. Valores más altos para la temperatura y la entalpía de gelatinización, significa que se requiere más tiempo de procesamiento o temperaturas de operación más alta, lo cual incide en los costos energéticos del proceso [23]. El conocimiento sobre la gelatinización del almidón y sus variables relacionadas, es útil para el diseño de secadores que intervengan en procesos industriales derivados de éste, para su optimización [21], o para el establecimiento de condiciones operacionales.

Cajiao et al. [23], midieron el efecto que tiene la gelatinización de harina de yuca sobre las propiedades de una matriz polimérica obtenida a partir de esta. Calcularon el grado de gelatinización comparando la entalpía de gelatinización de la muestra, respecto a la entalpía de una muestra de harina sin gelatinizar. Los resultados indicaron que la entalpía de gelatinización es menor para la muestra de harina gelatinizada, representando así la energía necesaria para llevar a cabo el proceso de gelatinización. En una investigación similar Pineda et al. [21], usaron calorimetría diferencial de barrido (DSC), para estudiar el proceso de transición de gelatinización del almidón de maíz. El análisis indicó que la cantidad de agua influye sobre la transición de entalpía y se corroboró que la transición del almidón depende de factores extrínsecos durante el proceso. Por su parte Coral et al. [24], al analizar la temperatura de gelatinización de almidones presentes en harinas de maíz, determinaron que la entalpía de gelatinización se relaciona con el almidón gelatinizado presente y

que esta disminuye con el aumento de la humedad y del tamaño del gránulo.

Bajo este contexto, se desarrolló este trabajo en el cual se emplea una metodología analítica para estimar la entalpía de gelatinización de una mezcla de almidón termoplástico. El uso de principios termodinámicas y ecuaciones preestablecidas, servirá de referencia para el aprovechamiento adecuado de los recursos y el establecimiento de las condiciones operacionales en la industrialización del TPS.

2. Materiales y métodos

A continuación, se describe el procedimiento experimental que se llevó a cabo para elaborar el material termoplástico, evaluar las pérdidas de calor y finalmente determinar la entalpía del sistema.

2.1 Elaboración del material termoplástico

Se elaboró una mezcla de almidón termoplástico (TPS), siguiendo lo descrito por García [25], con modificaciones en la cantidad de masa de almidón de maíz y temperatura de secado. La misma consistió en mezclar sobre una placa de calentamiento HACEB-K-074118336 y con agitación constante, 60 mL de agua destilada con la masa de almidón correspondiente hasta su homogenización, cuidando que la temperatura no sobrepasara los 70°C. Manteniendo la agitación, se añadieron 5 mL de glicerina, 3 mL de ácido acético (CH_3COOH) al 3% (v/v) hasta que gelatinizó. La mezcla se extendió sobre una placa de vidrio de 9 x 15 cm (figura 1) y se secó en una estufa Memmert-SN 55 a la temperatura de secado establecida, para finalmente obtener el TPS (figura 2).



Figura 1. Elaboración del material termoplástico.



Figura 2. TPS obtenido.

Para la elaboración del TPS se estableció un diseño factorial de nivel mezclado 3 x 2 (tabla 1), con dos factores: masa de almidón de maíz (MA) y temperatura de secado (TS), tres niveles para MA (9,3; 10; 10,7) g y dos niveles para TS (55, 65) °C.

Tabla 1. Diseño factorial para la mezcla de TPS

TS (°C)	MA (g)
55	9,3
55	10
55	10,7
65	9,3
65	10
65	10,7

Se establecieron tiempos de secado (ts) para el TPS en función de la cantidad de MA presente en la mezcla y la TS (tabla 2). Con un termómetro digital se registró la temperatura de la mezcla antes del secado, para usarla posteriormente en el cálculo de la entalpía de gelatinización. En total fueron 6 unidades experimentales, cada una de las cuales se evaluó por duplicado.

Tabla 2. Tiempo de secado para cada mezcla de TPS

TS (°C)	MA (g)	ts (s)	Ti (°C)
55	9,3	5400	37,4
	9,3	5400	36,9
	10	6600	35,9
	10	6600	36,2
	10,7	9000	37,4
	10,7	9000	35,3
65	9,3	4500	38,7
	9,3	4500	36,4
	10	5700	36,5
	10	5700	35,0
	10,7	7500	37,0
	10,7	7500	37,2

Durante la elaboración se registraron variables relacionadas con el proceso y para el TPS obtenido, se determinó el espesor

del material a fin de evaluar su relación con la cantidad de almidón usada en la mezcla. Para registrar el espesor, se hicieron mediciones en diferentes puntos de material termoplástico con ayuda de un vernier.

2.2 Evaluación de pérdidas de calor

Para determinar las pérdidas de calor, se colocó dentro de la estufa Memmert-SN 55 (usada en la elaboración de la mezcla termoplástica), un vaso de precipitado con 200 mL de agua a una temperatura de 28,2°C durante el tiempo de secado. El voltaje de la estufa es de 115 V y la corriente de 14,4 ampere. Considerando que el secado del almidón termoplástico se realizó en una estufa eléctrica, se empleó la ecuación sugerida por Atkins [26] para determinar el calor cedido (Qced) para equipos eléctricos (1):

$$Q_{ced} = Ivt \quad (1)$$

Donde I es corriente (A), v es voltaje (V) y t es el tiempo (s). El calor absorbido (Qabs) se calculó con la ecuación propuesta por Felder [27] para sistemas abiertos en estado estacionario (2).

$$Q_{abs} = mCpdT \quad (2)$$

En la cual m representa la masa (g), Cp la capacidad calorífica a presión constante (kJ/mol.°C) y dT la variación de la temperatura (°C). Los datos obtenidos para el calor cedido y absorbido, se determinaron las pérdidas (p) que se dieron en la estufa (3).

$$Q_{abs} = - Q_{ced} (1 - p) \quad (3)$$

2.3 Determinación de la entalpía del sistema

La entalpía (4) se calculó utilizando lo señalado por [28]:

$$\Delta H = Q = \sum m_i \Delta h_i \quad (4)$$

En la cual mi es masa del componente i (g) y Δhi es la variación de entalpía específica del componente i (kJ/g). Esta expresión considera la sumatoria de las entalpías para el calentamiento del agua presente en la mezcla termoplástica (ΔH_{H2O,l}), el agua evaporada durante el secado del TPS (ΔH_{H2O,v}), la gelatinización del almidón (ΔH_{gel}) y el secado del almidón termoplástico (ΔH_{TPS}). La masa del agua de calentamiento fue la masa usada en la elaboración de la mezcla termoplástica, la masa de agua evaporada corresponde a la cantidad que se evaporó durante el secado del TPS, determinada a partir del agua colocada en la estufa al calcular las pérdidas de calor y por último la masa del secado, fue la masa final registrada por gravimetría para la mezcla termoplástica. Las entalpías ΔH_{H2O,l}, ΔH_{H2O,v} y ΔH_{TPS}, se determinaron por integración (5) de acuerdo a [27].

$$\Delta H = \int_{T_i}^{T_f} CpdT \quad (5)$$

Cp es la capacidad calorífica a presión constante (kJ/mol.°C), dT es la variación de temperatura, Tf y Ti son los límites de integración, para la temperatura final e inicial respectivamente. La

temperatura final fue la establecida para el secado y la inicial fue la medida antes de este. El Cp del agua se tomó de valores tabulados en tablas de propiedades termodinámicas, mientras que para el TPS por tratarse de una mezcla se calculó con (6), según lo descrito por Felder y Rousseau [27].

$$C_{pmezcla} = \sum y_i \cdot C_{pi} \quad (6)$$

yi es la fracción molar del compuesto presente en la mezcla termoplástica, los cuales fueron almidón, glicerina y CH₃COOH. Para el Cp del almidón se trabajó con 8,516 x10⁻⁶ kJ/g°C de acuerdo a lo reportado por [29]. Tanto el Cp de la glicerina como el del CH₃COOH, se determinaron con la regla de Kopp (7) descrita por [27], donde X e Y son los constituyentes glicerina y CH₃COOH respectivamente.

$$C_{pX2Y} = 2(C_{pa})_X + (C_{pa})_Y \quad (7)$$

2.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos con la experimentación, se analizaron estadísticamente con el software R Studio versión 3.5.1.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se dividieron en dos partes, para expresar por una parte los aspectos evaluados en el material termoplástico y, por otro lado, lo correspondiente a las pérdidas de calor y entalpía del sistema.

3.1 Material termoplástico

Las variables relacionadas con el proceso de elaboración del TPS elaborado (tablas 3 y 4) fueron temperatura de secado (TS), tiempo de secado (tS), masa de almidón (MA), masa de agua presente (m_{H2O}), masa total de la mezcla (Mo), masa final (Mf) y espesor (E) del material termoplástico después del secado.

Tabla 3. Variables registradas para la mezcla (T = 55°C)

Temperatura = 55 °C			
tS (s)	5400	6600	9000
MA (g)	9,3	10	10,7
m _{H2O} (g)	31,83± 0,26	32,82± 0,66	36,54± 0,49
Mo (g)	42,98± 0,13	46,44± 0,16	51,27± 1
Mf (g)	11,16± 0,13	13,63± 0,5	14,73± 0,5
E (mm)	1± 0,14	1,69± 0,13	2,8± 0,14

Tabla 4. Variables registradas para la mezcla (T = 65°C)

Temperatura = 55 °C			
tS (s)	4500	5700	7500
MA (g)	9,3	10	10,7
m _{H2O} (g)	32,28± 0,18	34,66± 0,22	34,86± 0,22
Mo (g)	42,7± 0,24	46,8± 0,38	48,92± 0,56
Mf (g)	10,43± 0,42	12,15± 0,16	14,06± 0,34
E (mm)	1,2± 0,14	1,68± 0,04	2,66± 0,2

Se evidenció la formación de una mezcla gelatinosa a medida que aumentó la temperatura del almidón, hasta la formación del TPS por el descenso de la temperatura. Esto sucede debido a que, durante el calentamiento de agua con almidón, sus gránulos se hinchan y estallan, haciendo que la estructura semicristalina se pierda y las moléculas de amilosa más pequeñas comiencen a lixiviar fuera del gránulo, formando una red que contiene agua y aumentan la viscosidad de la mezcla, es decir se gelatiniza. En contraparte durante el enfriamiento o almacenamiento prolongado de la pasta, la estructura semicristalina se recupera parcialmente y el almidón se espesa producto de la retrogradación [30]. En la elaboración de bioplásticos, la gelatinización del almidón favorece el comportamiento mecánico del material, brindando mayor resistencia al esfuerzo de rotura en tensión [31].

En cuanto a la coloración, el TPS obtenido fue transparente para las de menor masa y ligeramente blancas en las demás. La coloración blanca indica que la estructura de las mezclas aún es semicristalina [32]. Se evaluó el efecto que tiene la cantidad de almidón utilizado en la mezcla termoplástica sobre el espesor del material (figura 3), encontrando un p valor de 0,00000015 < α. Los resultados demuestran que la masa del almidón influye en el espesor del TPS, pues a mayor masa del almidón mayor será su espesor, tal como lo indican en una investigación donde se obtuvo bioplástico de almidón de papa [33].

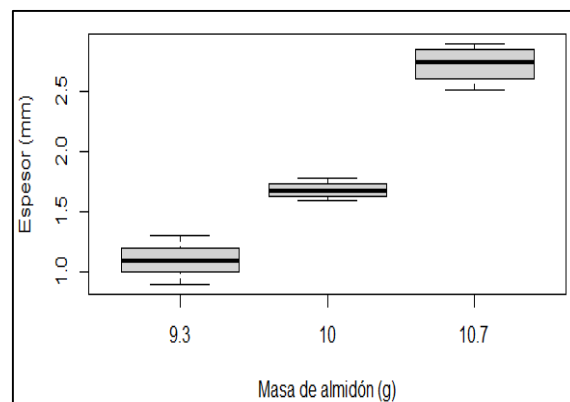


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes para la masa del almidón y el espesor del TPS.

3.2 Pérdidas de calor y entalpía de sistema

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos para las pérdidas de calor y entalpía de gelatinización registradas en el proceso de elaboración del TPS.

Tabla 5. Pérdidas de calor del sistema

TS (°C)	tS (s)	Q _{ced} por estufa (kJ)	Q _{abs} (kJ)	ΔH _{reac} (kJ/kg)
55	5400	-8942,4	8942,4	685,45± 7,31
55	6600	-10929,6	10929,6	704,44± 24,01
55	9000	-14904	14904	911,57± 32,44
65	4500	-7452	7452	589,02± 22,92
65	5700	-9439,2	9439,2	660,86± 9,57
65	7500	-12420	12420	782,43± 19,53

El calor cedido es mayor a medida que aumenta la temperatura y el tiempo de secado, lo cual es razonable puesto que la cantidad de calor transferida debe ser proporcional a la temperatura de operación [34]. La entalpía de gelatinización tomó valores entre 589,02 y 911,57 kJ/kg. Estos resultados son similares a los indicado por Niño *et al.* [35], quienes reportaron entalpías de gelatinización entre 615,2 y 688,7 kJ/kg, al realizar bioplástico de almidón residual esterificado de papa. Valores diferentes encontraron Wisansakkul *et al.* [36], los cuales estuvieron entre 166,45 y 256,95 kJ/kg al desarrollar un bioplástico a partir de almidón de semilla de jaca.

Para identificar posibles diferencias significativas en los resultados obtenidos, se hicieron diagramas de cajas y bigotes para la entalpía en relación a la temperatura y tiempo de secado respectivamente (figuras 4 y 5).

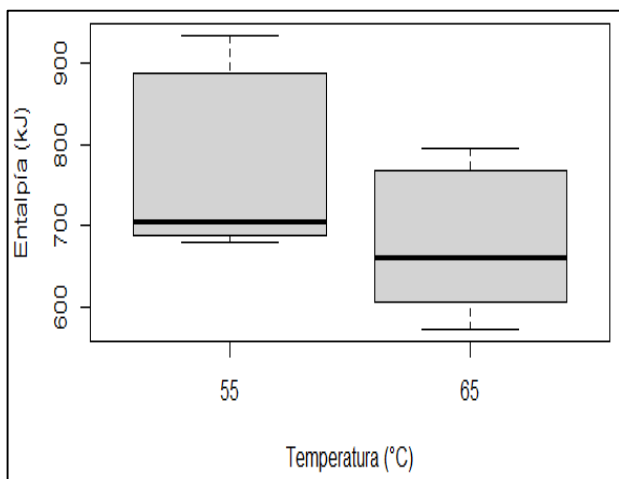


Figura 4. Diagrama de cajas y bigotes para la entalpía de gelatinización en relación a la temperatura de secado.

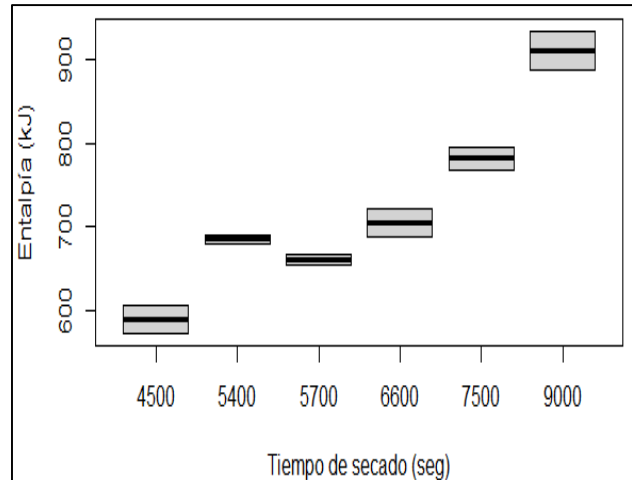


Figura 5. Diagrama de cajas y bigotes para la entalpía de gelatinización en relación al tiempo de secado.

A partir de la representación gráfica se infiere que existe una diferencia en la entalpía alcanzada en función de las dos variables analizadas. Para comprobar este supuesto, se realizó un ANOVA multifactorial cuyos resultados se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultados del ANOVA multifactorial

	Dif	Sum²	Media²	Valor de F	Pr (>F)
TS	1	24147	24147	28.3744	0.0007053 ***
ts	1	97027	97027	114.0124	192e-06 ***
TS:ts	1	11	11	0.0135	0.9103374
Residuales	8	6808	851		

Tanto para la temperatura como para el tiempo de secado, se obtuvo un p-valor < 0,05 lo cual demuestra que ambas variables son influyentes en el valor que toma la entalpía de gelatinización. Sin embargo, no existe interacción entre estas dos variables. La entalpía aumenta a medida que se incrementa la temperatura y el tiempo de secado. El cambio de entalpía es la energía que el sistema intercambia con su entorno, entonces a una mayor temperatura, dicho intercambio con la mezcla termoplástica será menor, entonces menor será el calor que se necesite para que se forme el TPS.

Esta particularidad puede explicarse al estar en presencia de un carbohidrato hidratado que expande en gran medida su estructura en la mezcla. El incremento en la entalpía de gelatinización, indica un incremento en la pérdida de la estructura del almidón. En el caso del almidón de la papa, se necesitan

aproximadamente 650 kJ/kg, en contraste, la desestructuración del almidón de trigo sólo requiere aproximadamente 435 kJ/kg y el almidón del maíz sólo requiere de 380 kJ/kg [37]. La entalpía es un indicador de la pérdida del orden molecular del gránulo de almidón no gelatinizado, lo cual afecta la estabilidad del bioplástico formado. Mientras mayor es la entalpía de gelatinización, mayor es la capacidad de hinchamiento del almidón, el tiempo de transición aumenta y se alcanzan temperaturas de gelatinización y descomposición más altas [35].

4. Conclusión

El material termoplástico obtenido presentó una apariencia semicristalina, cuyo espesor varió en función de la cantidad de masa de almidón utilizada. Aunque existen equipos para determinar la entalpía de gelatinización como es el caso del calorímetro diferencial de barrido (DSC), el método descrito puede ser una alternativa para usar desde el punto de vista académico para calcular analíticamente el valor de la entalpía de gelatinización. Experimentalmente se determinó que la entalpía está influenciada por la temperatura de trabajo y el tiempo de secado, tal como se demostró con el ANOVA al realizar el análisis estadístico. Valores más altos de entalpía, se obtienen con temperaturas de trabajo más bajas y mayores tiempos de secado, indicando así que se requiere mayor energía para alcanzar la gelatinización de la mezcla y por ende costos más altos en el proceso, siendo así un parámetro de importancia a controlar desde el punto de vista industrial. Para futuros trabajos, se sugiere estudiar las propiedades físicas y mecánicas del material termoplástico obtenido bajo cada una de las condiciones establecidas, a fin de evaluar su posibilidad de competir con sus parientes sintéticos.

Referencias

- [1] E. Bertoft, "Understanding starch structure: Recent progress," *Agronomy*, vol. 7, no. 3, pp. 56, 2017. <http://doi:10.3390/agronomy7030056>
- [2] J. Bao, Rice starch, in *Rice: Chemistry and Technology*. 4th ed., J. Bao, Ed. Hangzhou, China: Elsevier, 2019, pp. 55–108.
- [3] E. Agama-Acevedo, P. C. Flores-Silva, and L. A. Bello-Perez, Cereal starch production for food applications, in *Starches for Food Application: Chemical, Technological and Health Properties*. M.A. Pedrosa-Silva Clerici and M. Schmiele, Ed., Brazil: Elsevier, 2018, pp. 71–102.
- [4] M. Y. Olivo, "Fermentado De Yuca Como Una Nueva Alternativa En La Industria Alimenticia Cassava Fermented Starch Flour Producer Plant Design As a New," *J. Bolív. Ciencias*, vol. 11, no. 35, pp. 25–40, 2016.
- [5] S. N. Moorthy, M. S. Sajeev, and R. J. Anish, Functionality of Tuber Starches, in *Starch in Food*. 2th ed, M. Sjöo and L. Nilsson, Ed., Duxfor, United Kingdom: Elsevier, 2018, pp. 421–508.
- [6] J. Montoya, V. D. Quintero, and J. C. Lucas, "Evaluación fisicotérmica y reológica de harina y almidón de plátano dominico hartón (musa paradisiaca abb)," *Temas Agrar.*, vol. 19, no. 2, pp. 214–233, 2014. <http://doi:10.21897/rta.v19i2.736>
- [7] Y. Zhang, C. Rempel, and Q. Liu, "Thermoplastic Starch Processing and Characteristics-A Review," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 54, no. 10, pp. 1353–1370, 2014. <http://doi:10.1080/10408398.2011.636156>
- [8] B. Khan, M. Bilal Khan Niazi, G. Samin, and Z. Jahan, "Thermoplastic Starch: A Possible Biodegradable Food Packaging Material—A Review," *J. Food Process Eng.*, vol. 40, no. 3, pp. e12447, 2017. <http://doi:10.1111/jfpe.12447>
- [9] M. L. Sanyang, S. M. Sapuan, M. Jawaid, M. R. Ishak, and J. Sahari, "Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (arenga pinnata) starch for food packaging," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 53, pp. 326–336, 2016. <http://doi:10.1007/s13197-015-2009-7>
- [10] R. Nunziato, S. Hedge, E. Dell, T. Trabold, C. Lewis, and C. Diaz, "Mechanical properties and anaerobic biodegradation of thermoplastic starch/polycaprolactone blends," in *21st IAPRI World Conference on Packaging*, 2019. <http://doi:10.12783/iapri2018/24452>
- [11] M. Kaseem, K. Hamad, and F. Deri, "Thermoplastic starch blends: A review of recent works," *Polym. Sci. - Ser. A*, vol. 54, pp. 165–176, 2012. <http://doi:10.1134/S0965545X1202006X>
- [12] H. Peidayesh, Z. Ahmadi, H. A. Khonakdar, M. Abdouss, and I. Chodák, "Fabrication and properties of thermoplastic starch/montmorillonite composite using dialdehyde starch as a crosslinker," *Polym. Int.*, vol. 69, no. 3, pp. 317–327, 2020. <http://doi:10.1002/pi.5955>
- [13] B. Montero, M. Rico, S. Rodríguez-Llamazares, L. Barral, and R. Bouza, "Effect of nanocellulose as a filler on biodegradable thermoplastic starch films from tuber, cereal and legume," *Carbohydr. Polym.*, vol. 157, pp. 1094–1104, 2017. <http://doi:10.1016/j.carbpol.2016.10.073>
- [14] G. Nashed, R. P. G. Rutgers, and P. A. Sopade, "The Plasticisation Effect of Glycerol and Water on the Gelatinisation of Wheat Starch," *Starch - Stärke*, vol. 55, no. 34, pp. 131–137, 2003. <http://doi:10.1002/star.200390027>
- [15] A. Sinha and A. Bhargav, "Modelling approaches to capture role of gelatinization in texture changes during thermal processing of food Modelling approaches to capture role of gelatinization in texture changes during thermal processing of food," *Cornell University, Ithaca, NY*, arXiv:1808.01835. 1–20, 2018.
- [16] Á. Gil, *Tratado de nutrición. Tomo IV. Nutrición humana en el estado de salud*. Colombia: Editorial médica Panamericana, 2017.
- [17] G. M. Olguin-Arteaga, M. Amador-Hernández, A. Quintanar-Guzmán, F. Díaz-Sánchez, I. Sánchez-Ortega, A. Castañeda-Ovando, R. Avila-Pozos and E.M. Santos-López, "Correlación de entalpías de gelatinización con los índices de absorción de agua y de sólidos solubles en agua de sémolas, granillos y harinas de maíz nixtamalizado," *Rev. Mex. Ing. Quim.*, vol. 14, no. 2, pp. 303–310, 2015.
- [18] Y. Zhao, Y. Jiang, B. Zheng, W. Zhuang, Y. Zheng, and Y. Tian, "Influence of microwave vacuum drying on glass transition temperature, gelatinization temperature, physical and chemical qualities of lotus seeds," *Food Chem.*, vol. 228, pp. 167–176, 2017. <http://doi:10.1016/j.foodchem.2017.01.141>
- [19] J. B. Amaya-Pinos, "Estudio de la dosificación del almidón extraído del banano en un polímero de tipo termoplástico," *Rev. Colomb. Química*, vol. 48, no. 1, pp. 43–51, 2019. <http://doi:10.15446/rev.colomb.quim.v48n1.74469>
- [20] V. Quintero-Castaño and J. Lucas-Aguirre, "Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto," *Ingenium*, vol. 14, no. 28, pp. 16–32, 2013. <http://doi:10.21500/01247492.1331>
- [21] P. Pineda-Gómez, D. F. Coral, M. L. Arciniegas, A. Morales Rivera, and M. E. Rodríguez García, "Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetría diferencial de barrido," *Ing. y Cienc. - ing.cienc.*, vol. 6, no. 11, pp. 129–141, 2010.
- [22] H. Liu, L. Yu, F. Xie, and L. Chen, "Gelatinization of cornstarch with different amylose/amylopectin content," *Carbohydr. Polym.*, vol. 65, no. 3, pp. 357–363, 2006. <http://doi:10.1016/j.carbpol.2006.01.026>
- [23] E. S. Cajiao, L. E. Bustamante, A. R. Cerón, and H. S. Villada, "Efecto de la Gelatinización de Harina de Yuca sobre las Propiedades Mecánicas, Térmicas y Microestructurales de una Matriz Moldeada por Compresión," *Inf. Tecnol.*, vol. 27, no. 4, pp. 53–62, 2016. <http://doi:10.4067/S0718-07642016000400006>
- [24] D. F. Coral, P. Pineda-Gómez, A. Rosales-Rivera, and M. E. Rodríguez-García, "Determination of the gelatinization temperature of starch presented in maize flours," in *XIX Latin American Symposium on Solid State Physics (SLAFES XIX) 2009, Conference Series 167*, <http://doi:10.1088/1742-6596/1671/012057>
- [25] A. García, "Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz," *Escuela especializada en ingeniería, San Salvador*, ISBN: 978-99961-50-21-0, 2015.
- [26] P. Atkins and J. De Paula, *Atkins. Química Física*, 8a ed., Colombia: Editorial Médica Panamericana, 2008.
- [27] R. M. Felder and Ronald W. Rousseau, *Principios elementales de los procesos químicos*, 3a ed., México: Llmusa Wiley, 2004.

- [28] M. Smith, J. Van Ness, H. Abbott, *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*. 7a ed., México: McGraw-Hill, 2014.
- [29] P. Pineda-Gómez, D. F. Coral, D. Ramos-Rivera, and A. Rosales Rivera, "Estudio de las propiedades térmicas de harinas de maíz producidas por tratamiento termico-alkalino," *Ing. y Cienc. - ing.cienc.*, vol. 7, no. 14, pp. 119–142, 2011.
- [30] D. Cornuéjols and S. Pérez, "Starch : a structural mystery," *Sci. Sch.*, no. 14, pp. 22–27, 2010.
- [31] D. Navia-Porras and N. Bejarano-Arana, "Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca," *Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial BSAA*, vol. 12, no. 2, pp. 40–48, 2014.
- [32] G. Ruiz Avilés, "Obtencion y caracterizacion de un polimero biodegradable a partir del almidon de yuca," *Ingeniería y Cienc.*, vol. 2, no. 4, pp. 5–28, 2006.
- [33] J. Acosta, H. Gomajoa, Y. Benavides, A. Charfuelan, and F. Valenzuela, "Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico," *Bionatura*, vol. 1, no. 1, pp. 1-18, 2018, <http://doi:10.21931/rb/cs/2018.01.01.2>.
- [34] A. Carrasquero D, "Determinación del calor específico de la papa y la zanahoria: un ejemplo de investigación guiada en química," *Investig. y Postgrado*, vol. 16, no. 2, pp. 11–24, 2001.
- [35] L. J. Niño Otálora, A. M. García Torres, O. J. Medina Vargas, and C. I. Rojas Morales, "Biopelículas fotoactivas: material de empaque en alimentos sensibles a la oxidación," *Rev. U.D.C.A Actual. Divulg. Científica*, vol. 21, no. 2, pp. 457–466, 2018, <http://doi:10.31910/rudca.v21.n2.2018.1080>.
- [36] S. Wisansakkul, O. Oupathumpanont, K. Sungsanit, S. Chulacupt, and S. Boonyobhas, "Development Production of Bioplastics from Jackfruit Seeds Starch," *Burapha Sci. J.*, vol. 21, no. 2, pp. 216–228, 2016.
- [37] M. Feldmann and J. Fuchs, "Injection Molding of Bio-Based Plastics, Polymers, and Composites," in *Specialized Injection Molding Techniques*, H. Hans-Peter, Ed., Kassel, Germany: Elsevier, 2016, pp. 211-237.

El efecto de los microelementos sobre la germinación de semillas y el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno en el periodo vegetativo

Nikolay Myazin Georgievich¹ , Anna Kozhokina Nikolaevna¹ , Petr Brekhov Timofevich¹ , Tatiana Salgado Pacheco^{1,2} 

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great (VSAU)

²Universidad Tecnológica de Panamá

¹myazinnikolay@yandex.ru; ¹annakozh27@yandex.ru; ¹petr.brekhov@yandex.ru;

^{1,2}tatiana.salgado@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2846



Resumen

Dado el crecimiento de la población en nuestro planeta, garantizar altos rendimientos de los cultivos se está convirtiendo en una tarea urgente. En la Federación Rusa, el principal cultivo alimenticio es el trigo de invierno, es imposible obtener altos rendimientos y de buena calidad sin la combinación óptima de macro y microelementos en el sistema de fertilización de este cultivo. En este sentido, se estudió el efecto del tratamiento previo a la siembra de semillas y hojas (no radicales) con microelementos durante el crecimiento y desarrollo de la masa vegetativa del trigo de invierno. Se descubrió que el uso de microelementos para el tratamiento de semillas previo a la siembra, tanto con la composición de sales simples, como en preparaciones industriales (forma de quelato), se aumentó su germinación de campo en un 10.0–23.6%, y se tuvo un efecto beneficioso sobre los parámetros biométricos de las plantas (la altura de la planta aumentó en 0.7–4.0 cm, macollo en 0.1–0.3 unidades) y aumentó el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno (en 0.3–2.1 g / recipiente). Al mismo tiempo, las plantas consumieron más nutrientes del suelo, como resultado de lo cual aumentó su contenido en la producción y la eliminación en la cosecha. La preparación industrial con Polydon Profi demostró la mayor efectividad en el experimento.

Palabras claves: trigo de invierno, microelementos, productividad, germinación de campo, eliminación de nutrientes.

Title: The effect of microelements on seed germination and the yield of the green mass of winter wheat in the vegetative period

Abstract: Given the population growth on our planet, ensuring high crop yields is becoming an urgent task. In the Russian

Federation, the main food crop is winter wheat, it is impossible to obtain high yields and of good quality without the optimal combination of macro and microelements in the fertilization system of this crop. In this sense, we study the effect of pre-planting of seeds and leaves (non-root) with microelements during the growth and development of the vegetative mass of winter wheat. It was found that the use of microelements for seed treatment prior to sowing, both with the composition of simple salts, and in industrial preparations (chelate form), increased its field germination by 10.0–23.6%, and it had a beneficial effect on the biometric parameters of the plants (the height of the plant increased by 0.7–4.0 cm, tiller by 0.1–0.3 units) and increased the yield of the green mass of winter wheat (by 0.3–2.1 g / container). At the same time, plants consumed more nutrients from the soil, as a result of which their content increased in production and removal at harvest. The industrial preparation with Polydon Profi demonstrated the highest effectiveness in the experiment.

Key words: winter wheat, microelements, productivity, field germination, nutrient removal.

Tipo de artículo: Estudio.

Fecha de recepción: 13 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Actualmente, el servicio de agroquímicos ha establecido que la mayoría de los suelos de la Federación de Rusia tienen un contenido insuficiente de microelementos. Por ejemplo, en la región de Vorónezh, el 99.7% de la superficie de tierra cultivable se caracteriza por un bajo suministro de zinc, 96.5% de cobre, 61% de manganeso [7]. Al mismo tiempo, las nuevas variedades de cultivos altamente productivos que tienen un tipo de metabolismo intensivo y se cultivan utilizando tecnologías intensivas, requieren un suministro suficiente de suelo con todos los nutrientes, incluidos los microelementos [1, 4, 18]. Por lo tanto, su déficit puede convertirse en un factor que restrinja el aumento del rendimiento y la calidad de los cultivos [10, 16].

La necesidad de fertilizantes con micronutrientes también está creciendo debido a la expansión del uso de fertilizantes con macronutrientes altamente concentrados, que se eliminan mejor y casi no contienen microelementos. Además, la introducción de mayores dosis de nitrógeno, fósforo y potasio desplaza el equilibrio iónico de la solución del suelo a menudo en la dirección desfavorable para la absorción de microelementos por las plantas [2,3].

Mientras tanto, el uso de fertilizantes con micronutrientes no es tecnológicamente difícil y no requiere grandes gastos de mano de obra y dinero. Los costos de incrustación de semillas y tratamiento del material de siembra con fertilizantes con micronutrientes son en promedio 50 y 120₽(rublos)/ha, respectivamente, y 200₽(rublos)/ha para el abono foliar, con este método se asegura la recepción de 3,14₽(rublos) de ingresos netos por cada rublo gastado [5, 6, 14].

En la actualidad ha habido una tendencia a usar fertilizantes de micronutrientes quelados con una acción más efectivo en

comparación con las sales simples, sin embargo, las tecnologías para su aplicación requieren un estudio más detallado en las condiciones específicas de la producción agrícola [13, 17].

Uno de los principales cultivos es el trigo de invierno. Según Rosstat en 2018, representó el 56,1% de todos los cultivos en la Federación de Rusia. El rendimiento promedio anual de la cosecha no fue alto y ascendió a 35.1 q / ha [15]. El impulso para aumentar su productividad puede ser la introducción de tecnologías avanzadas en el proceso de cultivo de trigo de invierno, incluido el uso de nuevos tipos de fertilizantes con micronutrientes en forma de quelato [8, 9, 19].

Al respecto, el propósito de la presente investigación fue establecer el efecto del tratamiento de semillas y fertilización foliar con microelementos que se encuentran en la composición de fertilizantes tanto en forma de sales simples, como en forma quelada para la germinación de semillas en el campo, desarrollo vegetal y rendimiento de masa verde de trigo de invierno en las condiciones de un experimento durante el periodo vegetativo.

2. Materiales y métodos

La evaluación de la acción de microelementos sobre el trigo de invierno se llevó a cabo en un experimento de crecimiento. Se estudió la variedad de trigo de invierno "Scarlet Dawn" de cría en FSBEI HE Voronezh State Agrarian University. Los fertilizantes utilizados en el experimento fueron: nitrato de amonio, urea, cloruro de potasio, superfosfato doble, azofoska. Se usaron microelementos (cobre, zinc, manganeso, boro, etc.) como parte de compuestos simples (CuSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 , H_3BO_3), y como parte de complejos, con Trilon B y varios otros agentes complejantes, presentados en preparaciones industriales "Polydon Amino Start" y "Polydon Profi". La composición y las propiedades de los compuestos utilizados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Composición y propiedades de las preparaciones "Polydon Amino Start" y "Polydon Profi".

Indicadores	Valores	
	Polydon Amino Start	Polydon Profi
L * aminoácidos y oligopéptidos	250 g/L	–
Sustancias húmicas (ON)	–	10.0 g/L
Aminoácidos (L-AA)	–	20 g/L
Nitrógeno (N total)	100 g/L	50.0 g/L
Fósforo (P ₂ O ₅)	75 g/L	10.0 g/L
Potasio (K ₂ O)	25 g/L	10.0 g/L
Calcio (CaO)	–	1.0 g/L
Azufre (SO ₃)	–	10.0 g/L
Magnesio (MgO)	15 g/L	3.0 g/L
Sodio (Na ₂ O)	–	1.0 g/L
Silicio (SiO ₂)	–	0.5 g/L
Hierro (Fe)	6 g/L	0.75 g/L
Manganeso (Mn)	3 g/L	0.375 g/L
Zinc (Zn)	3 g/L	0.15 g/L

Cobre (Cu)	3 g/L	0.15 g/L
Boro (B)	3 g/L	0.1 g/L
Molibdeno (Mo)	1 g/L	0.5 g/L
Cobalto (Co)	0.05 g/L	0.015 g/L
pH	3.8	8.5–8.7
Densidad	1.245 g/cm ³	1.15 g/cm ³

El experimento en la etapa vegetativa se realizó el 19 de abril de 2019 de acuerdo con el esquema que se muestra en la tabla 3. En el experimento, se utilizaron recipientes cilíndricos con un diámetro de 20 cm y una altura de 40 cm. La masa de tierra seca fue de 10 kg. El suelo en los vasos (a excepción de la versión de control) se mezcló previamente con macroelementos en una dosis de $\text{N}_{0.1}\text{P}_{0.1}\text{K}_{0.1}$ (g / kg de suelo absolutamente seco), al mismo tiempo, el recipiente contenía 6.25 g de nitrofoska (marca 16:16:16). La repetición de la experiencia se realizó por quintuplicado.

Las propiedades agroquímicas del suelo utilizado para el experimento de cultivo se presentan en la tabla 2. Antes de iniciar la experiencia, el suelo se clasificó según el grado de acidez como ácido medio y contenía además un alto grado de saturación con bases.

El contenido de fósforo móvil corresponde a la clase media y el intercambio de potasio elevado.

Tabla 2. Propiedades agroquímicas del suelo antes de iniciar la experiencia.

pH _{KCl}	Acidez hidrolítica (Hh)	S	T	V, %	Contenido de formas móviles, mg / kg de suelo (según Chirikov)	
	meq/100 g suelo				P ₂ O ₅	K ₂ O
4.8	4.6	25.4	30.0	84.7	68	113

Para el tratamiento previo a la siembra de semillas y la alimentación foliar de plantas de trigo con microelementos, se utilizaron soluciones al 0.05% CuSO_4 , ZnSO_4 , MnSO_4 и H_3BO_3 . La solución de trabajo "Polydon Amino Start" se preparó de acuerdo con las instrucciones de uso por dilución en agua veinte veces. La solución de trabajo "Polydon Profi" - dilución diez veces.

Los granos de trigo de invierno se trataron con soluciones de trabajo con una exposición de diez segundos, esto garantizaba el contacto total de toda la superficie de los granos con la preparación, y de igual forma se aproximaba más a los efectos de la solución a través del tiempo en la tecnología de producción con tratamiento previo a la siembra de semillas de cultivos.

El riego de las plantas durante el periodo de crecimiento se realizó no con agua natural, sino con agua destilada (para excluir el efecto distorsionador de las sales contenidas en el agua natural).

La alimentación foliar de trigo de invierno con microelementos se llevó a cabo en el medio y al final de la fase de macollaje. La cosecha de la masa verde de las plantas de trigo de invierno se registró el 06.06.2019.

El análisis agroquímico de muestras de suelo y plantas se realizó en el laboratorio del Departamento de Agroquímica,

Ciencia del Suelo y Agroecología utilizando métodos generalmente aceptados [11].

3. Resultados y discusión

Bajo las condiciones de la temporada de crecimiento, se estudió el efecto complejo de los microelementos sobre el trigo de invierno mediante el tratamiento previo a la siembra y el tratamiento de las hojas. Las condiciones del suelo con el cual se realizó la investigación y sus parámetros fisicoquímicos se encuentran enlistados en la (tabla 3).

En relación con el control (sin fertilizantes), se observó acidificación del suelo en todas las variantes estudiadas, sin embargo, la relación entre las diferentes variantes con microelementos es insignificante.

Tabla 3. Propiedades fisicoquímicas de chernozem lixiviado (cosecha de masa verde de trigo de invierno).

Tratamientos	pH _{KCl}	meq/100 g suelo			V, %
		Hh	S	T	
1. Sin fertilizantes - control	4.8	4.6	25.4	30.0	84.7
2. N _{0.1} P _{0.1} K _{0.1} - Fondo	4.6	4.9	25.2	30.1	83.7
3. Fondo + Polydon Amino Start	4.6	4.8	25.7	30.5	84.3
4. Fondo + Polydon Profi	4.6	5.0	25.5	30.5	83.6
5. Fondo + microelementos + Trilon B	4.6	4.9	25.7	30.6	84.0
6. Fondo + microelementos + HNO ₃	4.6	4.9	25.2	30.1	83.7

Se encontró el mismo comportamiento sobre el contenido de nutrientes en el suelo de fondo y las variantes con fertilizantes con micronutrientes (tabla 4).

Tabla 4. El contenido de nutrientes en el suelo al cosechar masa verde de trigo de invierno, mg / kg de suelo.

Variante experimental	N-NO ₃	N-NH ₄	Σ (N-NO ₃ +N-NH ₄)	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Sin fertilizantes - control	1.9	2.0	3.9	60	97
2. N _{0.1} P _{0.1} K _{0.1} - Fondo	4.8	3.0	7.8	100	97
3. Fondo + Polydon Amino Start	2.9	3.3	6.2	100	96
4. Fondo + Polydon Profi	3.1	3.5	6.6	100	95
5. Fondo + microelementos + Trilon B	4.0	3.4	7.4	100	96
6. Fondo + microelementos + HNO ₃	4.7	2.0	6.7	100	96

El contenido de fósforo en todas estas variantes fue de 100 mg/kg de suelo, y el contenido de potasio disminuyó ligeramente (de 1 a 2 mg/kg de suelo). La disminución en el contenido de nitrógeno mineral en relación con el fondo fue casi la misma, entre 0.4-1.6 mg/kg de suelo.

Los macro fertilizantes introducidos en el suelo y el tratamiento previo a la siembra de semillas con soluciones que contienen microelementos influyó de manera diferente en el crecimiento y desarrollo del trigo de invierno. La germinación de campo de las semillas en las variantes de control y de fondo no fue muy diferente (figura 1).

El tratamiento de semillas con sales simples de microelementos en combinación con un agente complejante (Trilon B, opción 5) aumentó la germinación de campo en 6.0 puntos porcentuales, y en combinación con ácido nítrico, en 11.1 puntos porcentuales en relación con el fondo.

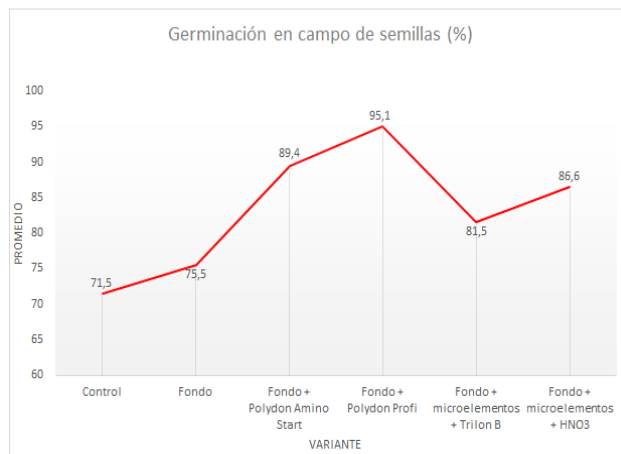


Figura 1. El efecto de los fertilizantes en la germinación de semillas en el campo (%).

El mayor aumento en la germinación en el campo se observó en el caso del tratamiento previo a la siembra de semillas con las preparaciones Polydon Amino Start y, en particular, con la preparación Polydon Profi (en 13,9 y 19,6 puntos porcentuales, respectivamente).

Así, el uso de micronutrientes para el tratamiento previo de semillas, tanto en la composición de sales simples como en forma de preparaciones industriales, aumentó su germinación en el campo. El mayor impacto positivo en este indicador fue proporcionado por preparaciones complejas, especialmente Polydon Profi. Vale la pena señalar que al estudiar el efecto de estas preparaciones sobre la energía de germinación y la germinación de las semillas en el laboratorio, se obtuvieron casi los mismos patrones [12].

El uso de fertilizantes contribuyó a la creación de condiciones más favorables para el desarrollo de las plantas en el período posterior de su vegetación. Por lo tanto, se observó el macollamiento más pequeño de las plantas en el experimento (1.0 unidades) en la variante de control (Figura 2). El uso de fertilizantes que contienen solo macronutrientes (opción 2) lo aumentó en 1.9 unidades. Y el tratamiento de semillas con micronutrientes en combinación con el apósito foliar (variantes 3–6) aumentó en 2.0–2.2 unidades. en comparación con el control. Al mismo tiempo, se observó el mayor macollaje del trigo de invierno cuando se usó la preparación Polydon Profi. Entre la

preparación "Polydon Amino Start" y las sales de microelementos utilizadas junto con Trilon B y ácido nítrico, prácticamente no hubo diferencias en este indicador.

Similares patrones se observan con respecto a la altura de las plantas en el experimento. La única diferencia que se encontró como efecto positivo de la preparación de Polydon Amino Start fue una presentación ligeramente más brillante en comparación con las formas minerales de microelementos (variante 5 y 6). El aumento de altura de la planta, así como su macollaje, se observó únicamente en la variante que usa la preparación Polydon Profi.

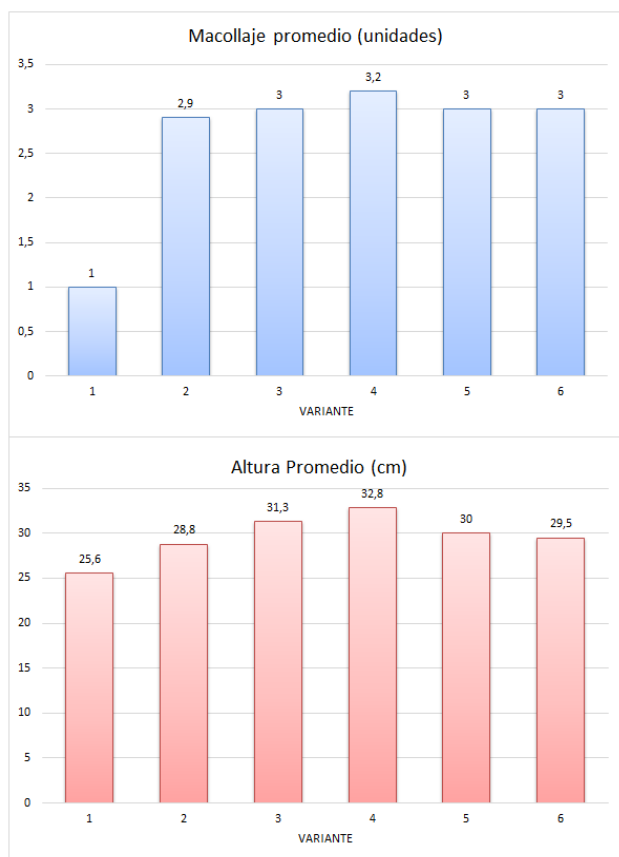


Figura 2. El efecto de los fertilizantes sobre la maleza y la altura de la planta.

Variantes experimentales: 1. Control 2. Fondo; 3. Fondo + Polydon Amino Start; 4. Fondo +Polydon Profi; 5. Fondo + microelementos + Trilon B; 6. Fondo + microelementos + HNO_3

Tomando en cuenta la cosecha de masa verde de trigo de invierno en el experimento (tabla 5) se demostró que la aplicación de fertilizantes minerales de fondo estuvo acompañada por un fuerte aumento en el rendimiento de la masa verde de trigo, en un 241%.

Tabla 5. El rendimiento de la masa verde del trigo de invierno.

Variante experimental	Peso de masa verde	Incremento en el control	Incremento en el Fondo
	g/recipiente		
1. Sin fertilizante - Control	13.9	-	-
2. $\text{N}_{0.1}\text{P}_{0.1}\text{K}_{0.1}$ - Fondo	47.4	33.5	-
3. Fondo + Polydon Amino Start	48.1	34.2	0.7
4. Fondo +Polydon Profi	49.5	35.6	2.1
5. Fondo + microelementos + Trilon	47.9	34.0	0.5
6. Fondo + microelementos + HNO_3	47.7	33.8	0.3
$\text{HCP}_{0.95}$, r/сосуд	1.90	-	-
S_x , %	1.51	-	-

El uso de microelementos para el tratamiento previo a la siembra de semillas y el recubrimiento foliar de plantas en el contexto de la aplicación de $\text{N}_{0.1}\text{P}_{0.1}\text{K}_{0.1}$ al suelo proporcionó un aumento adicional en el rendimiento de la masa verde de trigo de invierno en 0.3–2.1 g/recipiente en comparación con la opción 2. En este caso, el aumento demostrable matemáticamente en el rendimiento para el fondo fue proporcionado solo por el uso de la preparación Polydon Profi (opción 4). Vale la pena señalar que el estado de las plantas en esta variante fue notablemente mejor antes de la cosecha que en otras variantes del experimento (figura 3).



Figura 3. Condición de las plantas de trigo de invierno antes de la cosecha durante la experiencia vegetativa.

Variantes experimentales: 1. Control 2. Fondo; 3. Fondo + Polydon Amino Start; 4. Fondo +Polydon Profi; 5. Fondo + microelementos + Trilon B; 6. Fondo + microelementos + NO_3

Las variantes que utilizaron microelementos diferían entre sí, sin embargo, matemáticamente estas diferencias no eran demostrables.

Solo se puede hablar de una cierta tendencia de mejor acción (en orden decreciente) de los preparativos Polydon Profi y Polydon Amino Start (variantes 3 y 4), comparados con la aplicación de soluciones tradicionales de microelementos (variantes 5 y 6), al mismo tiempo, la efectividad de las variantes 5 y 6, donde se utilizaron microelementos en forma de sales complejas y simples respectivamente, no presentaron una diferencia significativa.

El contenido de nutrientes en la masa seca del trigo de invierno (tabla 6) también dependía de la aplicación de fertilizantes. En la versión no fertilizada, fue mínima en el experimento.

El uso de fertilizantes, aumentando el contenido de nutrientes en el suelo, creó las condiciones para su mayor consumo por parte de las plantas, por lo tanto, el contenido de nitrógeno en la masa seca del trigo de invierno desde la introducción de azofoska (variante 2) aumentó en 2.33 puntos porcentuales, y cuando se combina con azofoska y soluciones que contienen oligoelementos, en 2.4 - 2.86 puntos porcentuales. Patrones similares obedecieron al cambio en el contenido de fósforo y potasio en las plantas.

Tabla 6. Contenido en porcentaje de NPK en peso seco de trigo de invierno.

Variante experimental	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Sin fertilizante - Control	1.46	1.13	3.38
2. N _{0.1} P _{0.1} K _{0.1} - Fondo	3.79	1.79	5.34
3. Fondo + Polydon Amino Start	3.86	1.84	5.40
4. Fondo +Polydon Profi	4.10	1.98	5.46
5. Fondo + microelementos + Trilon	4.32	2.05	5.56
6. Fondo + microelementos + HNO ₃	3.86	1.87	5.30

La fertilización foliar en trigo de invierno aumentó el contenido en la masa verde de las plantas, todos los microelementos introducidos, y especialmente el cobre y el manganeso (tabla 7). aumentaron, respectivamente, de 2.43 y 140mg/g a 3.16 y 180mg/kg de masa seca de plantas sobre el suelo, es decir, aproximadamente 1.3 veces.

Tabla 7. El contenido de oligoelementos en la masa verde del trigo de invierno (mg / kg), el final del macollamiento.

Variante experimental	Cu	Zn	Mn	B
1. Sin fertilizante - Control	2.25	25.3	115	5.1
2. N _{0.1} P _{0.1} K _{0.1} - Fondo	2.43	65.9	140	6.2
3. Fondo + Polydon Amino Start	2.99	70.4	180	6.4
4. Fondo +Polydon Profi	3.16	68.6	182	6.7
5. Fondo + microelementos + Trilon	2.98	67.8	178	6.6
6. Fondo + microelementos + HNO ₃	2.99	68.5	180	6.5
Contenido óptimo	5.00–10.00	20.0–70.0	90–134	2.0–8.0

Se puede observar que el contenido de zinc y boro corresponde a niveles óptimos, y el contenido de manganeso a un nivel alto, únicamente el contenido de cobre permanece por debajo del nivel óptimo.

Cabe resaltar que en el experimento el mayor aumento en el contenido de cobre, manganeso y boro en las plantas es proporcionado por la preparación Polydon Profi. Y el mayor aumento en zinc se observó a partir de la acción de la preparación "Polydon Amino Start".

Por lo tanto, el efecto combinado de las soluciones de micronutrientes (en las semillas antes de la siembra y en las hojas de las plantas en el futuro) aumenta el contenido de todos los microelementos en la masa verde del trigo de invierno y les proporciona a todos niveles óptimos y altos en las plantas, con excepción del cobre cuyo contenido en la masa verde también aumenta notablemente, sin embargo, este no alcanza el óptimo.

El cálculo de la eliminación de nutrientes de las plantas (tabla 8) se observó que era mínima en la variante de control, la aplicación de fertilizante que contiene únicamente macroelementos (variante 2) aumentó la eliminación en 0.30, 0.13 y 0.38 g/recipiente, respectivamente, para nitrógeno, fósforo y potasio en relación con la variante de control, cuando se utilizan

microelementos, la eliminación de nitrógeno aumentó en el fondo en 10–50mg/recipiente, la eliminación de fósforo en 10–30mg/recipiente y el potasio también en 10–30 mg/recipiente.

Las variantes experimentales con microelementos proporcionaron un aumento en las tasas de utilización de nutrientes fertilizantes en un 3.0 – 16.0% para el nitrógeno, 7.0 – 23% para el fósforo y 3.0 – 8.0% para el potasio en relación con la variante de fondo. El mayor aumento en la utilización de nutrientes fertilizantes se observó con la variante Polydon Profi (16.7% para nitrógeno, 23.1% para fósforo y 7.9% para potasio) las otras variantes con microelementos para este indicador, especialmente en relación con el fósforo y el potasio no diferían.

Tabla 8. Eliminación de nutrientes y coeficiente de utilización de reservas de suelo y fertilizantes del trigo de invierno.

Variante experimental	Eliminación de nutrientes (g / recipiente)			Coeficiente de utilización de fertilizantes (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Sin fertilizante - Control	0.06	0.04	0.13	–	8.2*	15.1*
2. No ₁ P _{0.1} K _{0.1} - Fondo	0.36	0.17	0.51	30	13	38
3. Fondo + Polydon Amino Start	0.37	0.18	0.52	31	14	39
4. Fondo + Polydon Profi	0.41	0.20	0.54	35	16	41
5. Fondo + microelementos + Trilon	0.39	0.18	0.50	33	14	37
6. Fondo + microelementos + HNO ₃	0.38	0.18	0.52	32	14	39

* para la variante de control, se dan los coeficientes de uso de nutrientes de las reservas del suelo

4. Conclusión

En el experimento de crecimiento, los estudios han demostrado que el uso de microelementos aumenta la germinación en el campo de las semillas de trigo de invierno (en un 10-23,6%), aumenta el arbusto o macollo de las plantas en 0,1-0,3 unidades, la longitud de las hojas (en 0.7–4.0 cm), el rendimiento de la masa verde (en 0.3–2.1 g / recipiente) y su calidad, y también aumenta la utilización de nutrientes de los fertilizantes - en nitrógeno en 3.3–16.7%, en fósforo en 7.7–23.1 %, potasio en 2.6–7.9%, en comparación con el uso de fertilizantes que contienen solo macronutrientes.

La más efectiva en el experimento fue la variante con la preparación Polydon Profi, por debajo de este encontramos la preparación Polydon Amino Start. El uso de microelementos juntos con trilon B (forma de quelato) y en forma de sales simples tuvieron el mismo efecto, el cual a su vez fue menor al de las preparaciones industriales.

Referencias

- [1] A.M. Zhabin [et al.], Evaluación agroecológica de suelos de granjas en el sureste de la región de Voronezh, Boletín Agroquímico No. 2, pág. 8-9, Voronezh, Rusia, 2004.
- [2] P.I. Anspock, Microfertilizantes, Ed. Handbook / Agropromizdat, 272 pág., Rusia, 1990.
- [3] P.A. Vlasjuk, Microelementos en el medio ambiente, ed. Naukova Dumka, Kiev, Ucrania, 247 pág., 1980.
- [4] V. B. Ilyin, Biogeoquímica y agroquímica de oligoelementos (Mn, Cu, Mo, B) en la parte sur de Siberia occidental, Ed. Nauka, Novosibirsk, Rusia: 390 pág., 1973.
- [5] A. Kabata-Pendias, Microelementos en suelos y plantas, ed. Mundo, Moscú, Rusia, 439 pág., 1989.
- [6] M.V. Katalymov, Microelementos y su papel en el aumento de la productividad, Ed. Goskhimizdat, Moscú, Rusia, 64 pág., 1957.
- [7] V.I. Korchagin, Evaluación ecológica y agroquímica de la fertilidad del suelo en la región de Voronezh, 256 pág., Ed. Nauka, Voronezh, Rusia, 2017.
- [8] V.I. Kostin, F.A. Mudarisov, A.I. Semashkina, Influencia de los microelementos: sinergistas sobre los parámetros fotosintéticos y el rendimiento del trigo de invierno, Boletín de la Academia Agrícola del Estado de Uliánovsk, no 4 (40). pág. 30-35, Uliánovsk, Rusia, - 2017.
- [9] V.I. Lazarev, A.B. Vartanova, La influencia de los fertilizantes complejos con microelementos en el rendimiento y la calidad del grano de trigo de invierno en la región de Kursk, Boletín de la Academia Agrícola del Estado de Kursk. No. 6B, pág. 45-48, Kursk, Rusia 2014.
- [10] I.A. Lebedovsky, I.V. Shabanova, E.A. Yakovleva, Influencia de microelementos en la productividad y calidad del trigo de invierno cultivado en chernozem lixiviado de la Ciscaucasia Occidental, Revista científica electrónica matemática política de la Universidad Agraria del Estado de Kuban, № 82. pág. 684-695, Kuban, Rusia, 2012
- [11] V.G. Mineev, V.G. Sychev, O.A. Amelyanchik [et al.], Taller sobre Agroquímica, Ed. Universidad Estatal de Moscú, 689 pág., Moscú, Rusia 2001.
- [12] N.G. Myazin, P.T. Brekhov, A.N. Kozhokina, Influencia del tratamiento previo a la siembra de semillas de trigo de invierno con microelementos en energía de germinación y germinación de laboratorio / Biologización agrícola: perspectivas y posibilidades reales Materiales de la conferencia internacional científico-práctica dedicada al 105 aniversario del Doctor en Ciencias Agrícolas, Profesor, Miembro correspondiente de VASKHNIL Mikhail Ivanovich Sidorov y el 70 cumpleaños del Doctor en Ciencias Agrícolas, Profesor Nikolai Ivanovich Zezyukov, Ed. FSBEI Universidad Estatal Agraria de Voronezh, pág. 322–328. Vorónezh, Rusia 2019
- [13] Yu.M. Isaev [et al.], Estudio experimental del efecto de oligoelementos en el rendimiento del trigo de invierno, International Journal of Experimental Education. No. 10-2, pág. 236, Rusia, 2016
- [14] Ya.V. Peive, Pautas para el uso de microfertilizantes, Ed. Selkhozizdat, 224 pág., Rusia, 1963
- [15] Área sembrada, cosecha bruta y rendimiento de trigo en Rusia. Resultados de 2018. <https://agrovosti.net/lib/industries/cereals/posevnye-ploshchadi-valovye-sbory-i-urozhajnost-pshenitsy-v-rossii-itogi-2018-goda.html>
- [16] N.A. Protasova, A.P. Shcherbakov, Microelementos (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) en chernozems y suelos de bosque gris de la región de Chernozem Central, Ed. FGBOU VO Universidad Estatal de Voronezh, pág. 368, Voronezh, Rusia, 2003.
- [17] Yu.I. Stolpovsky, Microelementos y Microfertilizantes, Ed. FGBOU VPO Voronezh SAU, pág. 171, Voronezh, Rusia, 2015.
- [18] D.E. Ulanova, Yu.I. Zhitin, N.V. Stekolnikov, La influencia de la introducción de residuos de la industria alimentaria en el funcionamiento de los agroecosistemas en la Región Central de Chernozem, Boletín de la Universidad Estatal Agraria de Voronezh. Núm. 4 (47), pág. 27–33, Vorónezh, Rusia, 2015.
- [19] V.B. Shchukin, A.A. Gromov, N.V. Shchukina, Influencia del apósito foliar con microelementos en la formación del tallo productivo por las plantas de trigo de invierno, Noticias de la Universidad Agraria Estatal de Orenburg No. 3 (11), pág. 10-12, Oremburgo, Rusia, 2006.

Influencia de los estresores académicos en los niveles de estrés de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial pertenecientes a la Universidad Tecnológica de Panamá.

Nicole Barriá¹ , Nicole Moran¹ , Dania Polo¹ ,
Ericksa Torres¹ , Azucena Wan¹ 

¹Universidad Tecnológica de Panamá

¹nicole.barria@utp.ac.pa, {nicolemoranwong, dania.poloortega, azucena0719.aw}@gmail.com, ericksa_berzayith@outlook.com

DOI: 10.33412/pri.v12.1.2798



Resumen: *Los estresores académicos junto con la acumulación de diferentes tensiones de la vida cotidiana de los estudiantes son causantes de estrés, lo cual constituye una problemática importante a nivel mundial, sobre todo en el ambiente universitario. El objetivo de esta investigación fue determinar si las sobrecargas académicas son los estresores académicos que más influyen en los niveles de estrés de los estudiantes dentro del ambiente universitario. El estudio se realiza con base en un enfoque empírico analítico, de tipo descriptivo y transversal, con el que se establecieron las preguntas para realizar la encuesta proveniente del Inventario de Estrés Académico (IEA), utilizando una escala de respuesta tipo Likert con 5 opciones. La misma se aplicó a estudiantes pertenecientes a las carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial, siendo el 60,3% mujeres y 39,7% varones. Con los resultados se obtuvo que los estresores académicos más influyentes en el estrés de los estudiantes fueron la sobrecarga académica con un porcentaje del 18,8%, la falta de tiempo para cumplir con las actividades académicas con 15,7% y el hacer un parcial representó un 9,3%, siendo el cansancio y la fatiga la manifestación física más presentada en los estudiantes, y la manifestación emocional vendría siendo el temor por no cumplir con las obligaciones.*

Palabras claves: *ambiente universitario, estresores académicos, niveles de estrés.*

Title: Influence of academic stressors on the stress levels of the students of the School of Industrial Engineering belonging to the Technological University of Panama.

Abstract: The academic stressors together with the accumulation of different tensions of the daily life of students are causing stress, which is a major problem worldwide, especially in the university environment. The objective of this research was to determine if academic overloads are the academic stressors that most influence the stress levels of students within the university environment. The study is based on an empirical analytical approach, descriptive and cross-sectional, with which the questions were established to conduct the survey from the Academic Stress Inventory (IEA), using a Likert-type response scale with 5 options. The same was applied to students belonging to the careers of the Faculty of Industrial Engineering, being 60.3% women and 39.7% men. The results showed that the most influential academic stressors in student stress were academic overload with a percentage of 18.8%, lack of time to complete academic activities with 15.7% and partial it represented 9.3%, fatigue and fatigue being the physical manifestation most presented in the students, and the emotional manifestation would be the fear of not fulfilling the obligations.

Keywords: university environment, academic stressors, stress levels.

Tipo de artículo: Investigación.

Fecha de recepción: 18 de julio de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

El manejo del estrés ha sido considerado uno de los problemas más complejos en las esferas de la vida social y profesional, sobre todo en las universidades. Los estudiantes toleran exigencias, que provocan gran cantidad de esfuerzos físicos y psicológicos, es un problema que en el siglo XXI que se presenta en diferentes áreas de la vida [1] [9].

El término estrés se ha utilizado históricamente para denominar realidades muy diferentes. Es un concepto complejo, vigente e interesante, del cual en la actualidad no existe una definición acertada. Por tal razón Martínez y Díaz, sostienen que el estrés puede presentarse a través de una gran variedad de experiencias, entre las que se encuentran el nerviosismo, el cansancio, la inquietud, la tensión, el agobio y otras sensaciones similares, como la exagerada presión escolar, laboral o de otra índole. El estrés constituye uno de los problemas de salud más generalizado actualmente. Es un fenómeno multivariable resultante de la relación entre la persona y los eventos de su medio. Ante el estrés académico, los estudiantes deben dominar cada vez más las exigencias y retos que les demanda la gran cantidad de recursos físicos y psicológicos para enfrentar esta problemática [1] [12].

Según Sandín la palabra estrés se utilizó desde el siglo XIV para indicar experiencias negativas, tales como adversidades, aflicción, sufrimiento y dificultades. Sin embargo, el uso del término no era muy común y sólo hasta el siglo XVII, el vocablo estrés se asocia a fenómenos físicos como distorsión, presión y fuerza. En este sentido, señala Sandín el estrés es resultante de

la presión que un impulso externo ejerce sobre un cuerpo, creando una reacción interior y una distorsión en éste [2] [3].

Orlandini citado por Barraza siguiendo el estudio que concibe el estrés como una tensión excesiva, señala que “desde los niveles preescolares hasta la educación universitaria de postgrado, cuando una persona está en etapa de aprendizaje, experimenta bastante tensión. A ésta se le denomina estrés académico, y ocurre tanto en el estudio individual como en el salón escolar” [4]. En el entorno universitario, la mayoría de los estudiantes probablemente padecen un grado elevado de estrés académico, pues tienen la responsabilidad de cumplir las obligaciones académicas, experimentan en ocasiones sobrecarga de tareas e investigaciones, y además la evaluación de los profesores, de sus padres, y de ellos mismos sobre su desempeño, les provoca mucha ansiedad. Esta ansiedad puede redundar de modo negativo tanto en el rendimiento en los diferentes compromisos académicos, como en la salud mental y física de los estudiantes [5].

Witkin citado por Pardo, propuso que la escuela es un estresor bastante importante en términos de competitividad, no sólo en las calificaciones sino también en diferencias entre compañeros, miedo al fracaso, participación en clase, ejecución de exámenes, adelanto de tareas, convivencia del grupo, y decepciones de los padres. En esta misma línea, Caldera, Pulido y Martínez especifican que el estrés académico como aquél que se produce por las demandas que impone el ámbito educativo. Por ello, tanto alumnos como docentes se ven afectados por esta dificultad. Sin embargo, nos vamos a enfocar en el estrés académico de los estudiantes universitarios [6] [7].

Martín confirma que en tiempo de exámenes los estudiantes presentan mayor nivel de estrés. Así sostiene que existen efectos sobre la salud (consumo de cafeína o fármacos, ingesta de alimentos, ansiedad y alteraciones del sueño) [8].

Feldman, Goncalves, Chacón-Puignau, Zaragoza, Bagés, y De Pablo sostienen que una buena condición de salud mental está relacionada con un buen esparcimiento social y un menor estrés académico [8].

2. Hipótesis

H_0 = Las sobrecargas académicas son el estresor académico que más influye en los niveles de estrés de los estudiantes que pertenecen a las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso.

H_1 = Las sobrecargas académicas no influyen en los niveles de estrés de los estudiantes que pertenecen a las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso.

3. Método

Por tanto, la investigación tuvo como objetivo determinar cuáles son los estresores académicos que influyen en los niveles de estrés de los estudiantes dentro de un ambiente universitario, lo que permite tener clara la definición de estrategias de prevención

e intervención de la problemática del estrés académico y sus efectos.

El estudio se realiza con base en un enfoque empírico analítico, de tipo descriptivo y transversal, con el que se pretendió, mediante una valoración cuantitativa, establecer las preguntas para realizar nuestra encuesta proveniente del Inventario de Estrés Académico (IEA), diseñado para conocer los niveles de estrés académico de la población de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial pertenecientes a la Universidad Tecnológica de Panamá.

Debido a que la encuesta se aplica una sola vez y en un contexto específico, en el primer semestre del año 2018, se trata de una investigación transversal, lo que posibilita que los resultados sean administrados a la población de pregrado de la Universidad objeto del estudio. Para el análisis de los datos se realizó un filtro para seleccionar los estresores con mayor recurrencia en los estudiantes.

4. Muestra

Para este estudio se encuestaron a 3370 estudiantes matriculados en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá durante el primer semestre del año académico 2018. Los sujetos pertenecen a ocho carreras: Lic. En Mercadeo y Negocios Internacionales, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica Industrial, Ingeniería en Logística y Cadena de Suministro, Ingeniería en Logística y Transporte Multimodal, Lic. En Gestión de la Producción Industrial, Lic. En Recursos Humanos y Lic. En Gestión Administrativa. Las edades oscilan entre los 18 y 31 años, la gran mayoría de los estudiantes laboraban además de estudiar para poder costear sus gastos universitarios. Mucho de los estudiantes en nivel de pregrado no contaban con equipo o internet para realizar tareas.

El estudio se efectuó tomando una muestra proporcional correspondiente a la totalidad de estudiantes matriculados en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Panamá durante el primer semestre del año académico 2018. Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula siguiente (1):

$$n = \frac{z^2 \alpha/2 p(1-p)N}{z^2 \alpha/2 p(1-p) + \varepsilon^2 (N-1)} \quad (1)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra.

Z = Nivel de confianza dado en desviaciones estándar.

P = Probabilidad que el evento ocurra.

Q = Probabilidad que el evento no ocurra.

N = Población bajo estudio.

e = Error de estimación (en %).

Para este presente trabajo se asumieron y obtuvieron los siguientes datos:

$$P=0.5 \quad Q=0.5 \quad N=3370 \quad E=0.05 \quad z = 1.96$$

Con un nivel de confianza del 95%. Para estos datos resulta $n=345$ encuestas (redondeando 344.94). Para que los resultados de las encuestas sean simbólica enfocado a la población total es necesario hacer un muestreo al azar. Éste se hará enumerado del 1 al 3370 luego se escogieron 345, se utilizó el programa Excel para aleatorizar los datos.

A continuación, se presenta la cantidad de estudiantes encuestados por carrera (ver tabla 1).

Tabla 1. Cantidad de estudiantes encuestados por carrera

Carrera	Cantidad	%
1. Licenciatura en Ingeniería Industrial	82	23,8
2. Licenciatura en Logística y Transporte Multimodal	80	23,2
3. Licenciatura en Gestión de la Producción Industrial	37	10,7
4. Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial	37	10,7
5. Licenciatura en Recursos Humanos y Gestión de la Productividad	33	9,6
6. Licenciatura en Gestión Administrativa	26	7,5
7. Licenciatura en Ingeniería Logística y Cadena de Suministro	26	7,5
8. Licenciatura en Mercadeo y Negocios Internacionales	24	7
Total	345	100

5. Instrumento

El instrumento utilizado para el desarrollo de la investigación fue un cuestionario autoadministrado validado de 10 ítems (estresores académicos) relacionados a circunstancias potencialmente abrumantes en el ámbito universitario. El mismo se elabora a partir de la verificación del IEA, el cual fue diseñado en España por estudiantes de la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid. [10]

Las respuestas de los participantes indican el nivel de estrés que experimentan en las mismas utilizando una escala de respuesta tipo Likert con 5 opciones, en la que 1 significa “Nada de estrés” y 5 “Mucho estrés”, también se realizó una pregunta, el cual nos dirá, cuál estresor es el que se presenta más en los estudiantes, además de averiguar los síntomas que han padecido los estudiantes debido al estrés. La escala de Likert es un método de medición utilizado por los investigadores con el objetivo de evaluar la opinión y actitudes de las personas. [11]

Los 10 estresores académicos tomados en cuenta fueron:

1. Hacer un parcial.
2. Exposiciones y charlas.
3. Sobrecargas académicas.
4. Falta de tiempo para cumplir con las actividades académicas.
5. Hacer trabajos obligatorios para aprobar materias.
6. La tarea de estudiar.
7. Trabajar en equipo.
8. Exceso de responsabilidad por cumplir con las obligaciones académicas.
9. Obtener notas elevadas en las distintas materias.
10. Conseguir o mantener una beca para estudiar.

6. Resultados y Discusión

Se identifica que los estresores académicos en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial pertenecientes a la Universidad Tecnológica de Panamá afectan los aspectos académicos y emocionales de los mismos, la presente investigación generó como resultado los siguientes análisis:

6.1. Análisis en función de las carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial.

En el análisis en función de las carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial se utilizó la estadística descriptiva para recolectar, analizar y caracterizar un conjunto de datos con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen en donde se observa la media, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación (ver tabla 2 y tabla 3).

Tabla 2. Estadística Descriptiva en función de las carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial.

Variable	Carrera	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar
nivel	1	74.10	9.10	82.77	12.28
	2	133.50	11.81	139.39	8.84
	3	288.4	34.0	1153.8	11.78
	4	93.40	14.63	214.04	15.66
	5	127.90	23.18	537.43	18.13
	6	281.20	27.48	755.07	9.77
	7	86.30	12.07	145.57	13.98
	8	102.00	15.67	245.56	15.36

Tabla 3. Estadísticos Descriptivos: nivel Interpretación.

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar
nivel	148.35	83.73	7010.03	56.44

Ponderando los valores obtenidos de las encuestas, el análisis descriptivo para el cuestionario de estresores académicos y para cada nivel de estrés, muestra que la puntuación media obtenida en el cuestionario global fue de 148.35, con una desviación típica de 83.73. Se alcanzan mayores niveles de estrés en la carrera de Ingeniería Industrial con una media de 288.4, y las menores puntuaciones pertenecen a la carrera de Gestión Administrativa.

6.2 Análisis en función de los estresores académicos y los niveles de estrés

En este apartado describiremos la comprobación de la hipótesis nula:

6.2.1 Estadística Descriptiva

El análisis descriptivo para el cuestionario indica que el estresor más recurrente en los alumnos de la Facultad de Ingeniería Industrial fue el de sobrecarga académica (trabajos obligatorios, muchas tareas) con una media de 177.5 y el de

menor recurrencia fue el de trabajar en equipo con una media de 121.9 (ver tabla 4).

Tabla 4. Estadística Descriptiva en función del estresor académico más recurrente en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial.

Estadísticas					
Variable	Estresores1	Media	Desv.Est.	Varianza	CoefVar
nivel	1	163.4	94.2	8874.6	57.66
	2	136.0	82.5	6801.7	60.64
	3	177.5	99.2	9842.0	55.89
	4	171.1	99.3	9868.1	58.05
	5	145.8	85.6	7329.1	58.74
	6	131.9	78.3	6133.3	59.39
	7	121.9	78.3	6130.7	64.25
	8	144.8	79.3	6283.4	54.76
	9	148.3	88.4	7806.5	59.60
	10	143.0	83.0	6881.1	58.01

Observando nuestra hipótesis planteada, la cual indica: Las sobrecargas académicas son el estresor académico que más influye en los niveles de estrés de los estudiantes que pertenecen a las diferentes carreras de la Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Tecnológica de Panamá, Campus Víctor Levi Sasso.

Con los resultados obtenidos en nuestra estadística descriptiva, concluimos que la hipótesis nula se aprueba, ya que la media de los estresores indica valores elevados con relación al estrés causado por las sobrecargas académicas.

6.3 Análisis en función de los géneros.

A diferencia de los varones, las mujeres tienen a pensar en muchas cosas a la vez, sean los estudios, familiares y actividades extracurriculares, lo cual se ve reflejado en el análisis. Aunque nuestra muestra estuviese compuesta por 208 mujeres y 137 hombres, la cantidad de estudiantes con un bajo nivel de estrés es extremadamente baja en relación con los demás (ver Figura 1).

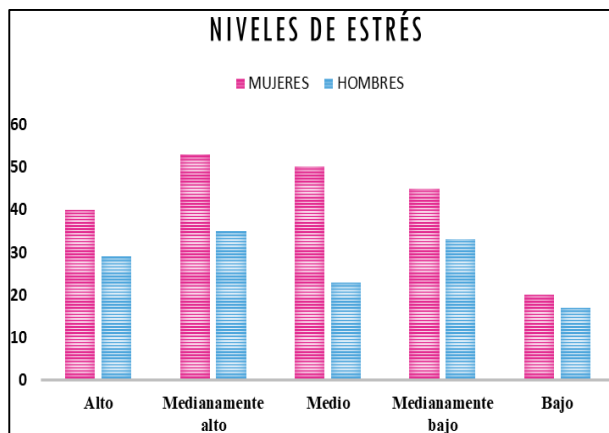


Figura 1. Gráfica de los niveles de estrés en función de los géneros.

6.4 Análisis en función de los síntomas

El estrés puede causar diversas manifestaciones físicas que afectan la salud y el bienestar de muchas personas (ver figura 2).



Figura 2. Análisis en función de las manifestaciones físicas causadas por el estrés

Interpretación:

La manifestación física más recurrente en los estudiantes fue el cansancio y la fatiga y la de menor recurrencia fue dolor de espalda.

Además de manifestaciones físicas, el estrés también causa manifestaciones emocionales (ver figura 3).

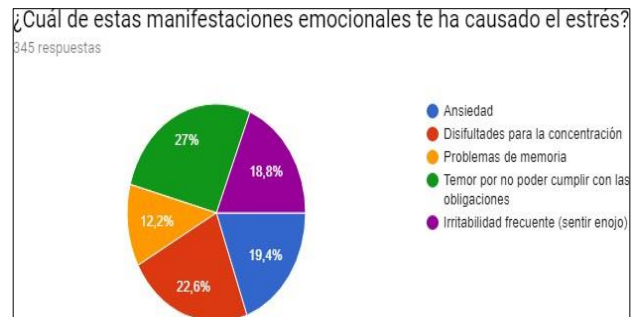


Figura 3. Análisis en función de las manifestaciones emocionales causadas por el estrés.

Interpretación:

La manifestación emocional más recurrente en los estudiantes fue la de temor por no poder cumplir con las obligaciones, y la menos recurrente fue la de problemas de memoria.

7. Conclusión

Los estresores académicos no afectaron de una manera grave a la población estudiada, sí de manera moderada en general, coincidiendo con otros estudios, incluso en algunas poblaciones con valores más altos, por lo que se recomienda profundizar más en cuáles son los factores en concreto que llevan al aumento del estrés.

También de manera consistente se confirmó en el estudio en relación con la literatura consultada que los estresores académicos que provocan mayor nivel de estrés son las sobrecargas académicas, la falta de tiempo para cumplir con las actividades académicas y el hacer un parcial.

Por género, el porcentaje de participación fue de 39,7% en hombres y 60,3% en mujeres, lo que evidencia un desequilibrio importante para la medición de las características del Estrés Académico en cuanto al género, esto muestra que las mujeres presentan de forma consistente altos niveles de estrés que los varones y esto indica una diferencia intersexual cuyas razones no se vislumbran con claridad.

En cuanto a las carreras, la distribución se realizó de manera proporcional, de acuerdo con el número de estudiantes matriculados en el período respectivo. La carrera de Licenciatura en Ingeniería Industrial es el más afectado por los estresores, esto puede tener relación con que, en la programación de la carrera, el volumen de asignaciones, parciales e investigaciones sea mayor con respecto a las otras carreras.

En cuanto a nuestras hipótesis de investigación, la hipótesis Ho se aprueba ya que se ha podido comprobar mediante la estadística descriptiva que el estresor académico que más influencia tiene en los niveles de estrés de los estudiantes son las sobrecargas académicas.

8. Recomendaciones

1. A las autoridades de las universidades y a las Oficinas de Bienestar estudiantil:

- Implementar talleres de estrategias de afrontamiento encaminados a promover mecanismos de defensa frente al estrés en todos los estudiantes.

- Incrementar actividades o programas de bienestar (deportes, danzas, teatro) con el fin de satisfacer necesidades de recreación del estudiante universitario que favorezcan el equilibrio de su estado emocional.

- Organizar los horarios semestrales de las asignaturas teóricas y/o prácticas, de tal manera que los estudiantes universitarios no tengan limitaciones durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

2. A los docentes:

- Buscar alternativas de enseñanza- aprendizaje para mejorar la interrelación entre docente- estudiante aplicando nuevos métodos de enseñanza y buscando nuevos materiales didácticos que faciliten la enseñanza del docente.

3. A los estudiantes:

- Antes de seleccionar y matricularse en alguna asignatura, hacer un análisis sobre su condición pedagógica, con el fin de prevenir la sobrecarga académica.

- Realizar una adecuada organización y administración del tiempo disponible para poder cumplir con las exigencias académicas.

Referencias

- [1] E. M. y D. Díaz, Una aproximación psicosocial al estrés escolar, Educación y educadores, 2007.
- [2] B. Sandín, El estrés, Madrid: McGraw Hill, 2005.
- [3] A. Barraza, «El estrés académico en los alumnos de postgrado.»2004. [En línea]. Disponible en: <http://www.psicologiacientifica.com/estres-academico-postgrado/>.
- [4] N. B. y R. Mazo, «Estrés académico,» Psicología de la Universidad de Antioquia, 2011.
- [5] J. Pardo, Estrés en estudiantes de educación social, 2008.
- [6] D. P. y M. M. J.F. Caldera, «Niveles de estrés y rendimiento académico en estudiantes de la carrera de psicología del Centro Universitario de los Altos, » Educación y desarrollo, 2007.
- [7] I. Martín, Estrés académico en estudiantes universitarios, 2007.
- [8] L. G. G. C.-P. y J. Z. L. Feldman, Relaciones entre estrés académico, apoyo social, salud mental y rendimiento académico en estudiantes universitarios venezolanos., 2008.
- [9] Alfonso Águila B, Calcines Castillo M, Monteagudo de la Guardia R, Nieves Achon Z. Estrés académico. Revisión. Rev. Edumecentro 2015;7(2):163-178.
- [10] Rodríguez, M. Validación del Inventario de Estrés Académico de Polo, Hernandez y Pozo en Estudiantes Universitarios de la Comuna de Concepción. Wordpress, 12-36. 2010.
- [11] QuestionPro-. Software de Encuestas. <https://www.questionpro.com/blog/es/que-es-la-escala-de-likert-y-como-utilizarla/>. 2017.
- [12] Belkis Alfonso Águila, María Calcines Castillo, Roxana Monteagudo de la Guardia, Zaida Nieves Achon. Estrés Académico. Rev EDUMICENTRO vol.7 no.2 Santa Clara abr.-jun. 2015.

Isla de calor urbana superficial en el área metropolitana de Cuzco

Julio Angeles¹ , José Flores² , Roberto Angeles³ , Hugo Karam⁴ 

¹Universidad Alas Peruanas; ²Instituto Geofísico del Perú; ³Universidad Nacional del Centro del Perú; ⁴Universidad Federal do Rio de Janeiro
 julio_as_1@hotmail.com; alicia.rocha.condor@hotmail.com;
 roanvas@hotmail.com
 DOI: 10.33412/pri.v12.1.2565



Resumen: La presente contribución estima la Intensidad de Isla de Calor Urbano Superficial (ICUSI durante el periodo 2001 – 2016 para el Área Metropolitana de Cuzco (AMC), localizado en Perú en el departamento de Cuzco. Para cuantificar la ICUS, se usó 2 métodos: el primero es el método de Streutker y el segundo método propuesto por José Flores (método de cuantil). Donde se utilizó data de sensoramiento remoto de Temperatura Superficial (TS) TS mensual y producto anual de tipo de cobertura de suelo (Land Cover Type) a 0.05^o de resolución, obtenido del sensor MODIS a bordo del satélite TERRA y AQUA. Los resultados muestran que en el AMC, en los periodos diurnos, la ICUS máximo tiene el valor máximo en marzo (4.6 °C) y mínimo en julio (0.5 °C) y la ICUS nocturna presenta valor máximo en octubre (2.6 °C) y mínimo en marzo (1.7 °C) utilizando el método de cuantiles, ya que el área metropolitana de Cuzco no se ajusta a una superficie gaussiana.

Palabras clave: isla de calor; temperatura superficial; Cuzco.

Title: Surface Urban Heat Island in the metropolitan area of Cuzco

Abstract: This contribution estimates the Surface Urban Heat Island Intensity (IICUS) during the period 2001 - 2016 for the Metropolitan Area of Cuzco (AMC), located in Peru in the department of Cuzco. To quantify IICUS, 2 methods were used: the first is the Streutker method and the second method proposed by Jose Flores (quantile method). Where was used remote sensing data of monthly TS and annual product of land cover type (Land Cover Type) at 0.050 resolution, obtained from the MODIS sensor on board the TERRA and AQUA satellite. In the AMC, in the diurnal periods, the maximum IICUS shows the maximum values in March (4.6 C) and minimum values in July (0.5 C) and the nocturnal IICUS presents maximum values in October (2.6 C) and minimum values in March (1.7 C) using the quantile

method, since the metropolitan area of Cuzco does not conform to a Gaussian surface.

Keywords: heat island; superficial temperature; Cuzco.

Tipo de artículo: Estudio.

Fecha de recepción: 29 de junio de 2020.

Fecha de aprobación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

Más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas y se espera que el porcentaje continúe [1]. Las temperaturas elevadas en las áreas urbanas en comparación con las áreas rurales circundantes, conocidas como efecto de isla de calor urbano (ICU), han sido bien documentadas [2, 3, 4, 5] y está ocurriendo en ciudades de todo el mundo. Las razones por las cuales las áreas urbanas son más cálidas que las áreas rurales. Estos incluyen: se absorbe más radiación solar debido a que los edificios altos aumentan el área de superficie; una mayor cantidad de radiación solar se almacena como calor sensible debido a una mayor admisión térmica de superficies duras; menos radiación terrestre o de onda larga se pierde debido a un factor de visión del cielo restringido; hay menos evapotranspiración del suelo, plantas y cuerpos de aguas, ya que son reemplazadas por superficies duras, hay menos viento a nivel del suelo, lo que significa que el aire caliente no se disipa tan rápido, y; hay calor antropogénico que se consume de edificios, automóviles y otras fuentes [6].

El efecto de la ICU es ampliamente estudiado para examinar la contribución de la ciudad al aumento de la temperatura (por ejemplo, [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]). La ICU se define como cerca de la superficie diferencia de temperatura del aire entre áreas urbano y rural que lo rodea [16]. Se puede clasificar en tres tipos: canopy layer heat island (CLHI) (isla de calor en la capa del dosel) ii) boundary layer heat island (BLHI) (isla de calor en la capa limite) y iii) surface heat island (SHI) (Isla de calor superficial) [5].

La presente contribución propone la estimación de la ICUSIICUS a baja resolución durante el periodo (2001-2016) para el área metropolitana de Cuzco (AMC).

2. Datos y métodos

En el presente punto se muestra los subcapítulos, descripción del sitio, donde se muestra la geografía del lugar de estudio; en el subcapítulo instrumento, nos muestra el sensor utilizado el MODIS, para ello se consideró la obtención de uso de suelo y temperatura superficial, asimismo se presenta los subcapítulos estimación del ICUSI y método de cuantil, ambos subcapítulos indican la metodología utilizada para cuantificar la intensidad de isla de calor urbana superficial.

2.1 Descripción del sitio

El Área Metropolitana de Cuzco (AMC) está localizado al sur-oeste de América del Sur, en Perú, departamento de Cuzco, extendiéndose aproximadamente entre 13.28 S a 13.8 S y 72.2 W a 71.7 W. En la región Cuzco, encontramos valores comprendidos entre 8 y 32°C, los valores más altos se ubican en la selva norte y selva central, la cual incluye selva alta y baja. Los valores más bajos entre 8 y 12°C se ubican en las zonas de las cordilleras Vilcabamba (zona occidental del sector sierra central), Vilcanota (zona suroriental de la sierra central) y Paucartambo (divide la sierra central de la selva central). En Cuzco sobre la selva norte y selva central oriental, los valores de temperatura mínima son mayores y oscilan entre 12 y 24°C, teniendo una mayor distribución los valores entre 20 y 24°C en la selva norte. Los valles que atraviesan la selva norte son cálidos con valores entre 16 y 20°C. En la sierra central oriental, los valores de temperatura mínima oscilan entre -8 y 12°C, siendo los más bajos en la Cordillera Vilcanota con valores entre -8 y -4°C. En la sierra sur los valores fluctúan entre -8 y 4°C, en dicha zona en las partes más altas llegan a alcanzar valores entre -8 y -4°C. En la sierra central occidental los valores fluctúan entre -4 y 12°C. En el periodo multianual, en la sierra sur, la precipitación media es del orden de 500 a 1500 mm, siendo menores a mayor altitud.

En tanto, en la selva norte, sobre la selva baja de la región Cuzco, las precipitaciones fluctúan entre 2000- 3000 mm; mientras que en la selva alta entre 1000 a 2000 mm (Quillabamba y Machu Picchu). Sobre la selva central de Cuzco, en lo que respecta a la selva alta, las precipitaciones climatológicamente presentan valores comprendidos entre 1500 y 5000 mm. [17]. Las figuras 1b y 1c muestra la distribución horizontal del promedio mensual de la temperatura superficial (TS) del AMC para enero 2001 durante periodos del día y noche respectivamente. Para este mes, el máximo TS bajo el área urbana del AMC alrededor de 36 C en el día y alrededor de 0 °C en periodos nocturnos.

En orden para distinguir el comportamiento diferente de TSTS a lo largo del año para áreas urbanas y rurales y su relación con la cobertura vegetal bajo el AMC, donde ha sido seleccionado 3 puntos con diferentes coberturas de superficie para el presente estudio. La Figura 1a muestra la localización rural (R) (72.05 S, 13.57 W), Urbano (U) (71.95 S, 13.53 W) y frontera (B) (72.01 S, 13.55 W)

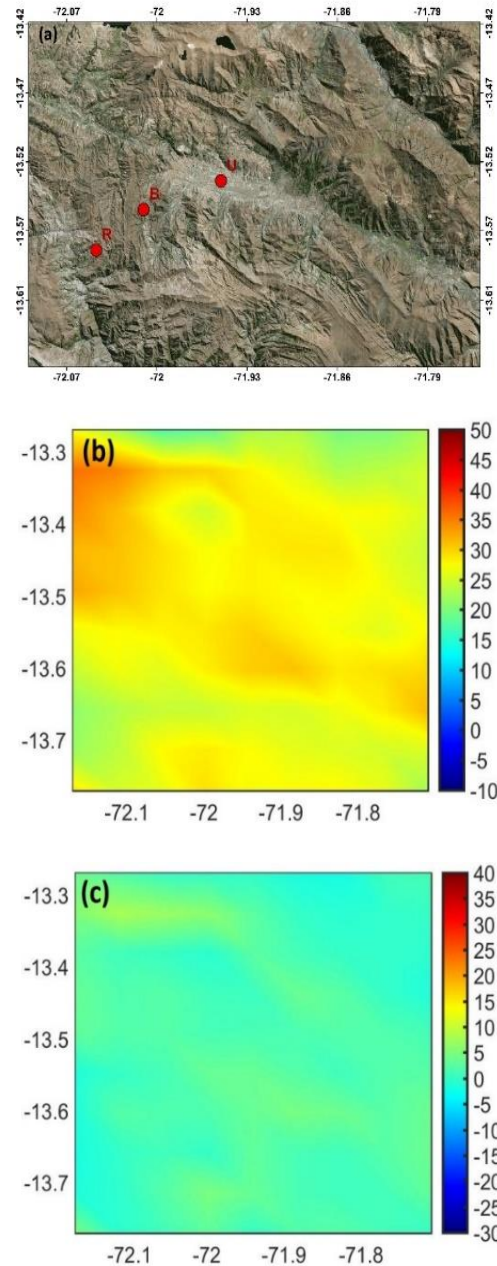


Figura 1 a) El dominio de la AMC y b) la media mensual de TS durante el día y c) periodos nocturnos en diciembre 2001.

2.2 Instrumento

Se utilizó el sensor MODIS del Satélite AQUA y TERRA, donde se utilizó la TS [18].

En el presente estudio, se realizó un promedio mensual y escala de hasta una resolución de 5 Km, para analizar los efectos de reescalar en los patrones estadísticos de TS y luego compararlos con el producto MOD11C3 Global CMG, que es un promedio mensual compuesto, derivado del producto global diario MOD11C1. Estos datos se almacenan como valores de TS de cielo despejado durante un período de meses a una resolución de 0.05° (5600 metros).

Con el objetivo de separar las áreas urbanas y rurales, se utilizó el producto MCD12C1 MODIS de cobertura terrestre tipo MCD12C1 con resolución 0.05° para clasificar la superficie terrestre de acuerdo con el proyecto internacional Geosphere-Biosphere Project (IGBP), 17 tipos de cobertura del suelo a partir de las observaciones MODIS versión 4 siguiendo la contribución de [19].

2.3 Estimación de la IICUSICUS

Para determinar la Intesidad de la ICUIICUS se utilizó el Método de Streutker propuesta por Streutker [20].

La técnica usa un ajuste least-square fit de toda la isla de calor a una superficie gaussiana de la forma

:

$$T_{(x,y)} = T_0 + a_1x + a_2y + a_0e^{-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2a_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2a_y^2}\right)} \quad (1)$$

Donde $T_{(x,y)}$ es la temperatura superficial total, incluidos los píxeles urbanos y rurales. T_0 , a_1 y a_2 son los componentes constante y lineal de la temperatura rural, respectivamente. (Adaptado por[21].

2.4 Método de cuantiles

Este método propuesto por [21] para estimar la intensidad de la ICUS, donde se basa en el análisis estadístico de cuantiles de TS urbano y rural.

Asimismo, propuso la siguiente fórmula IICUS para una resolución de 5 km:

$$ICUS = Q_5^{urbano} - Q_3^{rural} \quad (2)$$

Donde Q_5^{urbano} es el cuantil 0.95 de la distribución TSTS sobre el área urbana y Q_3^{rural} es la mediana de la distribución TSTS sobre el área rural, ambas con una resolución de 5 km,

3. Resultados

En el presente capítulo se muestra los resultados concernientes a los métodos utilizados: el método Streutker y cuantiles para obtener la intensidad de isla de calor urbano superficial diurno y nocturno, y su coeficiente de correlación entre ambos métodos utilizados.

3.1 Variación temporal y espacial de la temperatura superficial en Perú

La figura 2 muestra la distribución espacial del promedio mensual diurno de TS de Perú para enero y junio 2001 (estación de verano y otoño) obtenido del sensor MODIS

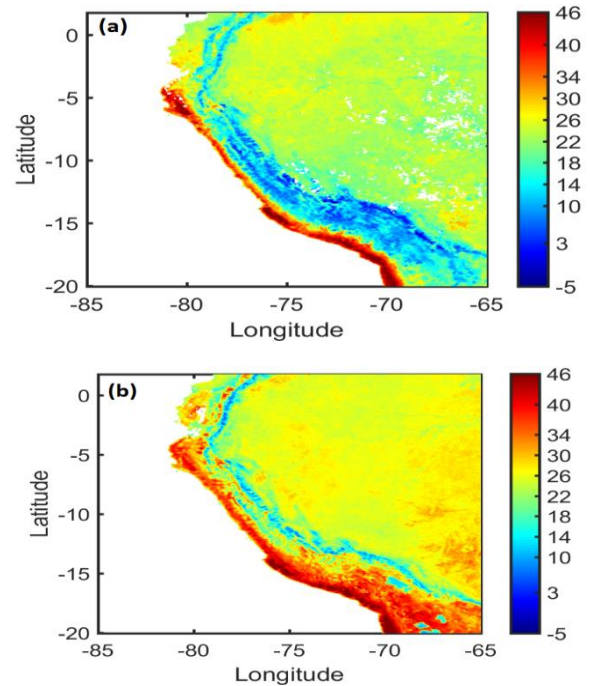


Figura 2. Distribución espacial del medio mensual diurno TS de Perú obtenido del producto MODIS TSS. Los datos han sido espaciados con una grilla de $0.05^\circ \times 0.05^\circ$

con el producto TS (MOD11C1) con 0.05° resolución. Para este mes, la región de estudio, Iquitos que esta entre $4^\circ S$ a $2^\circ S$ de latitud y $74^\circ W$ a $73^\circ W$, de longitud respectivamente.

3.2 Isla de calor urbana superficial

Los resultados para las magnitudes IICUS diurnas a largo plazo (2001-2016) y las extensiones espaciales para todos los meses sobre el AMC usando el método de Streutker, se presentan en la tabla 1. La intensidad IICUS mas alta para el periodo diurno ocurrió en diciembre (5.7 C) y se observó la intensidad IICUS más baja en julio (1.1 C). El área máxima de la huella se produjo en agosto (305.9 km^2) y mínimo en febrero (51.7 km^2). La tabla 1 también muestra el

coeficiente de correlación (R-cuadrado) del ajuste de Gauss, con valores de 0.04 a 0.15 para todos los meses.

3.3 Intensidad de la ICUSIICUS diurno y nocturno

La figura 3a muestra el diagrama de dispersión entre ambos métodos por todos los meses en el periodo diurno.

Donde la pendiente de la línea recta que se ajusta a los datos es igual a 0.86, la intersección es igual a 0.72 y el índice de correlación es igual a 0.71. Este comportamiento se puede observar en la figura 8a, que muestra la comparación entre la evolución del tiempo de las intensidades de la ICUS con las desviaciones estándar utilizando Streutker y método cuantiles. Asimismo, en la figura 3b para el periodo nocturno, la pendiente de la línea recta que se ajusta a los datos es igual a 0.89, la intersección es igual a 0.57 y el índice de correlación es igual a 0.19 y en la figura 3b se compara entre la evolución del tiempo de las intensidades del ICUS con las desviaciones estándar utilizando Streutker y método cuantiles.

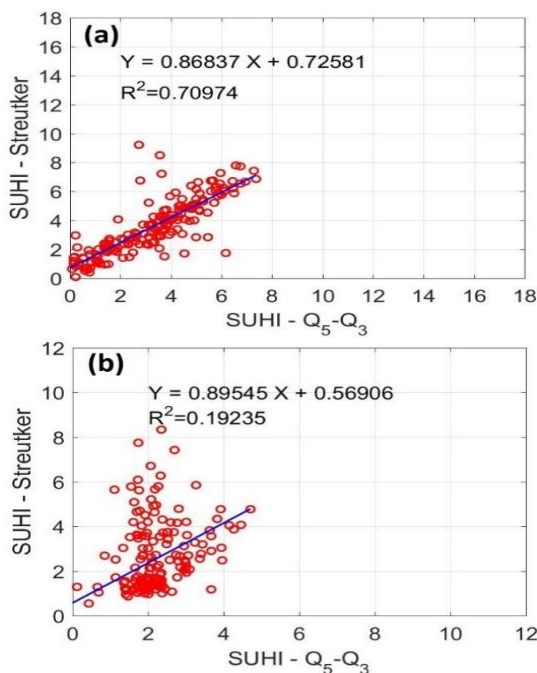


Figura 3 a) Scatterplot del IICUS en periodos diurno, obtenido con el método de Streutker's vs ICUSIICUS con la diferencia de cuantiles $Q_5^{urban} - Q_3^{rural}$ para la AMC, b) periodo nocturno.

Asimismo, en la figura 4 se observa que la intensidad de la ICUSI diurna y nocturna es mayor para el AMC en los meses de verano y primavera (setiembre-abril) y ligeramente inferior en los meses de mayo-agosto.

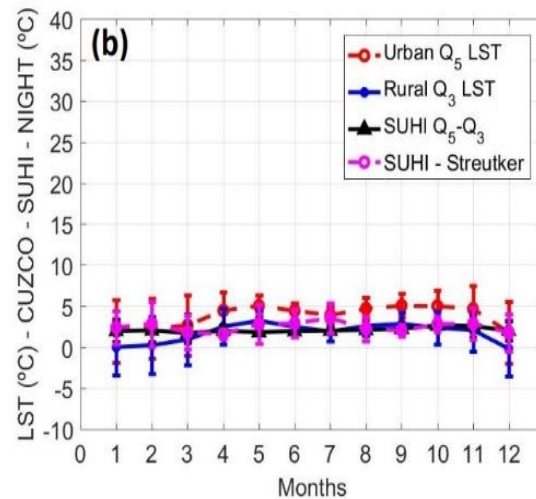
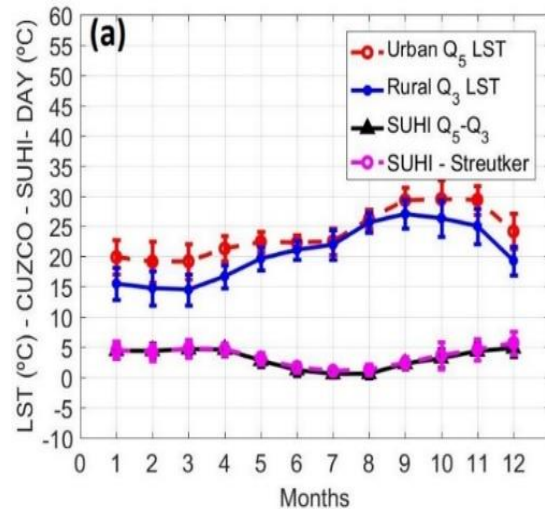


Figura 4 a) Evolución temporal de 2001-2016, media mensual diurna TS (°C) con desviación estándar para periodo diurno de TS urbano (Q_5) rural TS (Q_3), intensidad del IICUS (°C) para el AMC, b) periodo nocturno.

Para el AMC, los resultados que utilizan el método estadístico de cuantiles en periodos diurnos son que se muestra en la Tabla 2. El valor más alto del cuantil (Q_5) para TS urbano se observó en octubre (29.4 °C) y el más bajo en febrero (19.1 °C). El valor máximo de TS rural medio (Q_3) se observó en setiembre (27 °C) y mínimo en marzo (14.5 °C). Intensidades de IICUS diurnas obtenido con la ecuación 2, muestra los valores máximos en marzo (4.6 °C) y valores mínimos en julio (0.5 °C). Comparando los resultados de las intensidades de ICUSIICUS usando ambos métodos (tablas 1 y 2), se observa un alto nivel de acuerdo entre ellos.

Tabla 1 Media Diurna de la IICUS y extensión espacial con desviación estándar para el AMC usando el método desarrollado por Streutker (2002) del periodo 2001-2016.

Month	SUHI - Streutker (°C) - MAC					R-Square
	T _o (°C) - Rural	A _o (°C)	a ₁ ¹ (km)	a ₁ ¹ (km)	Footprint area (km ²)	
January	15.7±2.5	4.9±1.4	11.0±5.7	4.8±2.5	54.0±38.8	0.10
February	14.8±2.8	4.2±1.4	9.7±3.3	5.7±2.7	51.7±30.3	0.11
March	14.6±2.5	4.7±1.4	8.4±0.9	7.7±4.2	65.0±37.1	0.15
April	16.8±1.8	4.6±1.1	12.9±19.9	6.9±1.8	91.7±144.8	0.11
May	19.7±1.8	3.1±0.9	6.1±3.9	7.3±4.2	39.5±23.9	0.05
June	20.9±1.4	1.7±0.8	2.4±59.8	11.2±6.3	221.3±1449.1	0.04
July	21.7±2.3	1.1±0.6	8.7±81.9	5.3±22.9	120.4±561.3	0.05
August	25.4±1.5	1.3±0.9	29.3±45.4	6.8±8.4	305.9±445.9	0.04
September	27.0±2.2	2.4±0.9	16.7±27.7	10.1±4.8	152.9±236.9	0.05
October	26.3±2.9	3.6±2.2	10.2±20.2	6.8±4.9	75.6±186.4	0.05
November	25.1±2.7	4.6±1.7	9.3±11.6	7.2±3.3	75.6±120.3	0.08
December	19.5±2.4	5.7±1.8	19.5±40.4	5.7±4.3	115.1±254.2	0.10

Tabla 2 Promedio mensual diurno de TSS (°C) con su desviación estándar para áreas rurales y urbanas y la intensidad de la ICUSIICUS (°C).

Month	Urban LST (°C) - MAC		Rural LST (°C) - MAC		Diurnal SUHI (°C)
	Q ₃	Q ₅	Q ₃	Q ₅	
January	19.4±2.8	19.8±2.8	15.5±2.6	19.8±2.3	4.4±1.3
February	18.5±3.3	19.1±3.4	14.7±2.8	18.6±2.8	4.4±1.4
March	18.7±2.8	19.2±2.9	14.5±2.6	18.5±2.5	4.6±1.1
April	20.8±2.0	21.3±2.1	16.7±1.9	20.7±1.7	4.6±1.1
May	22.1±1.7	22.4±1.7	19.6±1.9	23.1±1.6	2.8±1.0
June	22.0±1.3	22.3±1.2	21.1±1.5	23.8±1.2	1.2±0.8
July	22.4±2.2	22.5±2.1	21.9±2.4	24.7±2.2	0.5±0.5
August	25.9±1.5	26.2±1.5	25.6±1.6	28.4±1.5	0.6±0.6
September	28.7±2.1	29.2±2.2	27.0±2.3	30.9±1.8	2.2±0.8
October	28.8±3.1	29.4±3.2	26.3±3.1	30.9±2.7	3.2±1.5
November	28.3±2.2	29.4±2.4	25.0±2.9	29.4±2.6	4.3±1.5
December	23.4±2.7	24.1±2.9	19.3±2.4	23.9±2.4	4.8±1.5

Durante el periodo nocturno, la TSS rural media cae significativamente para el cuantil 0.95 (Q5) del área urbana y la mediana (Q3) del área rural para el AMC. Para el AMC, los resultados usando el método estadístico de cuantiles en los periodos nocturnos se muestra en la tabla 3. El valor más alto del cuantil (Q5) para TS urbano se observó en setiembre (5.1 °C) y el más bajo en diciembre (1.8 °C). El valor máximo de mediana TS rural (Q3), se observó en mayo (3.2 °C) y el mínimo en diciembre (-0.2 °C). Intensidades IICUS nocturnas obtenidas con el Ecuación 2, presento valor máximo en octubre (2.6 °C) y mínimo en marzo (1.7 °C).

Tabla 3 Promedio mensual nocturno de TS (C) con su desviación estándar para áreas rurales y urbanas y la intensidad del IICUS (C)

Month	Urban LST (°C) - MAC		Rural LST (°C) - MAC		Nocturnal SUHI (°C)
	Q ₃	Q ₅	Q ₃	Q ₅	
January	1.3±4.0	1.9±3.8	0.0±3.4	3.1±3.3	1.9±1.3
February	1.9±3.7	2.3±3.7	0.2±3.4	3.6±3.1	2.0±1.4
March	2.2±3.8	2.6±3.7	0.9±3.1	4.2±2.8	1.7±1.2
April	4.2±2.3	4.5±2.3	2.5±2.2	5.6±2.1	1.9±0.6
May	4.8±1.3	5.0±1.3	3.2±1.2	6.3±1.1	1.8±0.3
June	4.2±0.9	4.4±0.9	2.5±0.9	5.8±0.8	1.9±0.3
July	3.7±1.1	3.9±1.0	1.9±1.1	5.2±1.1	2.0±0.4
August	4.6±1.3	4.7±1.3	2.6±1.2	6.3±0.9	2.1±0.2
September	4.8±1.5	5.1±1.5	2.8±1.4	6.2±1.4	2.2±0.5
October	4.6±1.9	5.0±1.9	2.4±1.9	5.7±1.7	2.6±0.6
November	4.2±2.9	4.6±2.8	2.1±2.6	5.6±2.2	2.6±1.3
December	1.2±3.8	1.8±3.8	-0.2±3.3	2.7±3.3	2.0±1.2

4. Conclusión

El objetivo principal de la presente contribución es estimar el IICUS durante el periodo (2001-2016) a una resolución (0.05°) para el AMC, utilizando datos del sensor MODIS, con el método de Streutker y análisis estadístico de cuantiles basado en diferencias de cuantiles de TSTS sobre las áreas urbano y rural separadas con el producto Land Cover Type MODIS. De acuerdo con el análisis y las pruebas presentadas en este documento, se concluyó.

Para el AMC, los resultados de ambos métodos muestran un nivel aceptable. Intensidades de ICUS diurnas muestra los valores máximos en marzo (4.6 °C) y valores mínimos en julio (0.5 °C) y la IICUS nocturnas presenta valores máximos en octubre (2.6 °C) y valores mínimos en marzo (1.7 °C).

La correlación entre los métodos de cuantiles y de Streutker en el periodo diurno, se obtuvo que la pendiente de la línea recta que se ajusta a los datos es igual a 0.86, la intersección es igual a 0.72 y el índice de correlación es igual a 0.71. Y para el periodo nocturno, la pendiente de la línea recta que se ajusta a los datos es igual a 0.89, la intersección es igual a 0.57 y el índice de correlación es igual a 0.19. Asimismo, el método de cuantiles es que se puede usar como método alternativo cuando la forma de la ciudad no es elipsoidal o la resolución espacial es tan alta que no permite un ajuste de la superficie gaussiana.

Referencias

- [1] World Health Organization. Urban Population Growth. Retrieved January 20, 2016, 2014. from http://www.who.int/gho/urban/health/situation_trends/urbanpopulation_growth_text/en/.
- [2] M. J. Alcoforado, & A. Matzarakis. Planning urban climates In different climatic zones. Geographicalia, 57, 5–39, 2010.
- [3] A. Dimoudi, A. Kantzioura, S. Zoras, C. Pallas & P. Kosmopoulos. Investigation of urban microclimate parameters in an urban center. Energy & Buildings, 64, 1–9, 2013.

- [4] M. J. Maloley. Thermal remote sensing of urban heat island effects: Greater Toronto area. Geological survey of Canada open file 283, 2010.
- [5] J. Voogt & T. Oke. Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, 86(3), 370–384, 2003
- [6] T. Oke. *Boundary Layer Climates*, 2nd Edition. Taylor and Francis Group, 1987.
- [7] A. J. Arnfield : Two decades of urban climate research: a review Of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *Int. J. Climatol.* 23, 1–26, , 2003.
- [8] W. T. Chow & M. Roth. Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *International Journal of Climatology*, 26(15), 2243–2260, 2006.
- [9] I. Eliasson. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. *Atmospheric Environment*, 30(3), 379–392, 1996.
- [10] Y. H. Kim & J. J. Baik. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 44(5), 591, 2005
- [11] K. Klysik & K. Fortuniak.. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmospheric Environment*, 33, 3885–3895, 1999.
- [12] H. E. Landsberg. *The urban climate*, Academic Press. Vol. 28, 1981.
- [13] T. R. Oke & G. B. Maxwell. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* (1967), 9(2), 191–200, 1975.
- [14] M. Roth. Review of urban climate research in (sub)tropical Regions. *International. Journal of Climatology*, 27, 1859–1873, 2007.
- [15] M. Santamouris & D. Kolokotsa. *Urban climate mitigation techniques*. Routledge, 2016.
- [16] T. R. Oke. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24, 1982.
- [17] Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2018, *Caracterización Climática de las regiones Apurímac y Cusco*
- [18] B. Dousset. & F. Gourmelon. Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and land cover. *J. Photogramm Remote Sens.* 58, 43(54), 2003.
- [19] Schneider. Mapping urban areas by fusing multiple sources of coarse resolution remotely sensed data. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 69, 1377(1386), 2002.
- [20] D. Streutker. Satellite-measured growth of the urban heat island of houston, texas. *International Journal of Remote Sensing* 23, 2595-2608, 2002
- [21] J. Flores, A. Pereira & H. Karam. Estimation of long term low Resolution surface urban heat intensities for tropical cities using modis remote sensing data. *Urban Climate* 17, 32(66), 2016.

Sistema de control para un sistema solar acondicionador de aire por absorción utilizando simulación en TRNSYS

Miguel Chen Austin^{1,3} , Rhona Díaz¹ , Ignacio Chang^{1,3} , Julio Rodríguez¹ 

¹ Universidad Tecnológica de Panamá, ² Grupo de Investigación en Energética y Confort en Edificaciones Bioclimáticas (ECEB), Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Mecánica; ³ Grupo de Investigación Sistemas de Control Inteligente e Informática Industrial (SCII), Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Eléctrica
miguel.chen@utp.ac.pa, rhona.diaz@utp.ac.pa, ignacio.chang@utp.ac.pa, julio.rodriguez@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v12.1.2378



Resumen: Este trabajo de investigación, tiene como objetivo mejorar el desempeño de una instalación solar de acondicionamiento de aire por absorción, por medio del diseño de un sistema de control simple, para fácil implementación. Esta instalación fue diseñada por E. Quintana (2012) en TRNSYS, un programa de simulación de sistemas. Con la visión de una futura implementación, un análisis de desempeño del Chiller de absorción se llevó a cabo en base a los resultados de la simulación del trabajo precedente. Se encontró que su desempeño no alcanza los rangos de operación segura dentro del tiempo de operación diaria, cada vez que el sistema se inicia. Basado en esto, el trabajo propuesto abarca el diseño de un sistema de control que permita mejorar el desempeño del Chiller de absorción, desde el punto de vista de seguridad de éste último y la reducción del consumo eléctrico de la instalación. La operación segura del Chiller se alcanza cuando éste y todo el sistema, operan dentro de los rangos nominales indicados por el fabricante. Los resultados indicaron que los parámetros a optimizar son las temperaturas del agua que entra al generador y al acumulador térmico. Empleando las estrategias de control diferencial On-Off y Feedback, los resultados de las simulaciones muestran que el primer objetivo fue alcanzado. Por el contrario, el segundo, no se logra alcanzar ya que la energía proveniente de la fuente solar no logra suplir las necesidades del Chiller dentro del tiempo de operación diaria.

Palabras claves: chiller de absorción, control diferencial, control Feedback, instalación solar, optimización, seguridad operacional, Simulación en TRNSYS.

Title: Control System of a Solar System Air Conditioner by Absorption using Simulation in TRNSYS

Abstract: This research aims to improve the performance of a solar-absorption-air-conditioning installation, through the design of a simple control system, for easy implementation. This installation was designed by E. Quintana (2012) in TRNSYS, a systems simulation program. With the vision of a future implementation, a performance analysis of the absorption Chiller was carried out based on the results of the simulation from the previous work. It was found that its performance does not reach safe operating ranges within the daily operation time, every time the system starts. Based on this, the proposed research includes the design of a control system to improve the performance of the absorption chiller, from the safety point of view of the latter and the reduction of the electrical consumption of the installation. The safe operation of the Chiller is achieved when it and the whole system, operate within the nominal ranges indicated by the manufacturer. The results indicated that the parameters to be optimized are the temperatures of the water entering the generator and the thermal accumulator. Using the On-Off and Feedback differential control strategies, the results of the simulations show that the first objective was reached. In contrast, the second, could not be achieved, since the energy from the solar source fails to meet the needs of the Chiller within the daily operating time.

Key words: Absorption Chiller, Solar Installation, Differential Control, Feedback Control, Optimization, operational safety, Simulation in TRNSYS.

Tipo de artículo: Investigación.

Fecha de recepción: 3 de mayo de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

1. Introducción

El proceso de refrigeración y/o acondicionamiento de aire es uno de los procesos que más consume electricidad en la República de Panamá [1],[2]. Debido a esto, se está en la búsqueda continua de nuevas alternativas que ayuden a disminuir este consumo. Actualmente, se están desarrollando estudios sobre sistemas de absorción y su aplicación con colectores solares térmicos, bajo las condiciones ambientales de Panamá. Sin embargo, estos sistemas necesitan de un sistema de control adecuado, para funcionar en óptimas condiciones.

La primera propuesta de estudio e implementación fue realizada y desarrollada por la Ing. Rhona Díaz, del Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI) de la Universidad Tecnológica de Panamá (Sede Tocumen). Este estudio, pretende evaluar la opción de la utilización de un nuevo sistema para Panamá en el ámbito del acondicionamiento de espacios, con el proyecto titulado: "Evaluación del Uso de Colectores Solares Térmicos en Sistemas de Absorción para Producción de Aire Acondicionado y/o Refrigeración en Panamá", desarrollado con fondos de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

Primeramente, se diseñó el sistema solar por absorción que se utilizó en el proyecto. Este diseño fue desarrollado por E. Quintana en 2012 [3], utilizando la herramienta de simulación TRNSYS (Transient System Simulation).

El presente trabajo tiene como objetivo general, diseñar un sistema de control para dicho sistema solar acondicionador de aire por absorción y optimizar su rendimiento, utilizando la misma herramienta de simulación.

A la fecha, en Panamá no se conocen empresas que diseñen y/o fabriquen equipos como Chiller de absorción (o Chillers de absorción). Los equipos de este tipo son, por lo general, importados desde USA o Alemania. Por lo tanto, estos equipos ya están diseñados bajo las condiciones ambientales del lugar donde se fabricó; que muchas veces no concuerdan con las condiciones ambientales de Panamá. Por este motivo, se hace necesario diseñar un sistema de control que ayude a modificar variables en el sistema, que permita la opción de encontrar un rango de valores para los cuales el sistema trabaje de forma óptima.

1.1 Controles en instalaciones solares

En la gran mayoría de los sistemas de control en las industrias de procesos (aproximadamente el 90%), todavía se utilizan controladores PID. El cual ha sido accesible, comercialmente, por más de 60 años. A continuación, se describen los más utilizados [4]:

- Estrategias de control convencionales: control Proporcional-Integral-Derivativo (PID), control Feedforward (FF) y el control cascada (CC),
- Técnicas clásicas del control avanzado: Gain scheduling (GS) y tiempo de compensación de retardo (TDC),
- Técnicas extensamente utilizadas del control avanzado: control predictivo (MPC), control interno (IMC) y el control adaptivo (AC),
- Nuevas técnicas del control avanzado: control óptimo (LQG), control no lineal (NC), control robusto (RC), controladores de red neural (NNC) y el control en lógica difusa (FLC).

1.2 Controles en instalaciones acondicionadoras de aire solar

Para el año 2011, Núñez-Reyes y Bordons [5] encontraron que una de las necesidades principales del control en estos sistemas, es suministrar agua enfriada (a la temperatura requerida) a los sistemas de distribución de aire para lograr acondicionar el recinto o habitación.

Esto se logra controlando la temperatura del agua caliente suministrada por el campo de colectores solares. Ya que la energía primaria no es manipulable, la temperatura deseada se consigue actuando sobre el caudal circulante. La contribución solar, además de la radiación estacional y las variaciones cíclicas diarias, depende de las condiciones atmosféricas como la cobertura de las nubes, la humedad, así como la transparencia del aire. Es importante mantener una temperatura de salida constante, ya que las condiciones solares cambian. Y el único

medio disponible para lograr esto es mediante el ajuste del caudal.

Para lograr el objetivo mencionado anteriormente, el sistema de control debe mantener la temperatura de salida del fluido portador del calor al nivel deseado a pesar de las perturbaciones como los cambios en el nivel de radiación solar (causado por las nubes), la reflectancia del vidrio o la temperatura de entrada del agua. Esto es logrado, manipulando una válvula de tres vías, que varía el caudal a través del campo de colectores. El mantenimiento de una temperatura de salida constante a lo largo del día, debido a que las condiciones solares cambian, requiere una amplia variación en el nivel de flujo operativo.

Por otro lado, uno de los objetivos propuesto por Bujedo et al. 2011 [6], lo fue comparar diferentes estrategias de control aplicadas a un sistema real, con tres años de estudio de experimentales (verano de 2005 hasta 2007). Las tres estrategias de control comparadas fueron: (a) Control Convencional: El refrigerador trabaja a plena carga en todo momento, por lo que la regulación se basa en la conmutación de la enfriadora y sus bombas de alimentación de encendido y apagado. (b) Adaptación de las temperaturas del condensador: En este caso, las temperaturas del condensador son adaptadas a las del generador y la carga será regulada por ciclos de encendido y apagado, y (c) Control dual en el condensador-generador: Como en el segundo caso, en la regulación de la temperatura de condensación basada en el generador y la carga de enfriamiento será ajustada por el control del flujo en el generador. En la descripción del desarrollo de las estrategias, se determinó que el mejor resultado para la instalación fue obtenido cuando se trabaja en forma dual con el generador y el condensador.

Se menciona, además, que se pueden obtener mejores resultados, si algunos defectos del sistema que han sido detectados se resuelven. Defectos tales como: (a) la producción y la demanda deben coincidir en el tiempo, (b) la capacidad y demanda del refrigerador deben estar correlacionadas, (c) la regulación del flujo másico del generador debe realizarse usando bombas de flujo variable en vez de utilizar válvulas de tres vías, las cuales perturban la estratificación de los tanques de almacenamiento solar, y (d) la conexión hidráulica entre los colectores de un determinado campo y el encuentro de ambos campos, no debe ser balanceado por válvulas si el sistema es operado dinámicamente con bombas de velocidad variable. Esto creará diferencias en los flujos que pasan a través de cada ramal de los colectores, reduciendo la eficiencia colectiva e individual de los colectores.

Resultados de otra investigación, Zhai et al. 2011 [7], muestran que durante los días nublados el sistema no podría proveer un efecto de enfriamiento, cuando opera convencionalmente. Sin embargo, en condiciones de carga parcial, el refrigerador (Chiller) podría ser energizado, usando energía solar como fuente de calor. Los componentes principales de una máquina de absorción solar son el campo de colectores solares, el refrigerador por absorción (Absorption Chiller) y el tanque de almacenamiento de agua caliente. El rendimiento completo del sistema depende de la unión de estos tres componentes. Generalmente, un COP de 0,6 puede ser obtenido

bajo las condiciones de diseño. También, de acuerdo con los resultados, los sistemas de refrigeración solar siempre incluyen el tanque de almacenamiento de agua caliente, el cual acumula calor por la circulación de captación solar. En conjunto, el volumen específico del tanque fue establecido entre 0,01 y 0,08 m³ por cada metro cuadrado de colectores. Para los sistemas de refrigeración solar que sólo operan en modo de refrigeración, como los del área tropical, se recomienda utilizar los valores más bajos de volumen específico. Finalmente, se indica que los sistemas de refrigeración solar no podrían competir con los sistemas estándar de refrigeración. La tecnología de refrigeración solar no es económicamente factible sin subsidio, principalmente por su alto costo de inversión. Los sistemas de refrigeración solar pueden ser utilizados como un sistema autónomo o acompañados de un sistema convencional de aire acondicionado, para mejorar la calidad del aire interior. A manera de incrementar la tasa de utilización y la fracción solar, todos los sistemas de refrigeración solar son multifuncionales y son usados para suplir calor y agua caliente en otras temporadas en países templados. Mientras que, generalmente, en países tropicales estos sistemas tienen un uso durante todo el año. La disponibilidad del recurso solar es otro factor importante en la determinación de la tecnología de refrigeración solar más adecuada para cierta localización. Se recomienda que los sistemas auxiliares de energía de los sistemas de refrigeración solar sean otra energía renovable o bombas de calor de alta eficiencia. Además, es altamente recomendable establecer una estrategia operacional óptima de control, para realizar un suave cambio entre el sistema de refrigeración solar y el sistema auxiliar de energía.

2. Metodología

A continuación, se presenta la metodología empleada. Primeramente, se describe el sistema de acondicionamiento de aire solar por absorción estudiado, seguido por un análisis general de los parámetros optimizables, definiendo las funciones objetivo dentro de dicho sistema, a través de un sistema de control. Luego se presentan las estrategias de control escogidas, dentro de las limitaciones del programa TRNSYS, y sus diseños para ser aplicadas al sistema de acondicionamiento de aire.

2.1 Descripción del sistema de acondicionamiento de aire solar por absorción al cual se le diseñará el sistema de control

El sistema acondicionador de aire solar por absorción que se simuló, Quintana 2012 (ver esquemático en la figura 1 y 2), consta de cuatro circuitos hidráulicos. El primero: colectores – Tanque de almacenamiento, lo componen el campo de colectores; con un área de captación solar de 150,66 m², una bomba de agua caliente y la válvula de alivio, cerrando con el tanque de almacenamiento. El segundo: tanque de almacenamiento – Absorbedor, lo componen el tanque de almacenamiento, el cual posee una fuente auxiliar de calor interna, una bomba de agua caliente, una válvula de tres vías, una tubería tee, cerrando con el absorbedor. Los dos anteriores conforman el circuito de agua caliente. El tercero: Absorbedor – Torre de enfriamiento, lo

componen la torre de enfriamiento y una bomba de agua fría. Por último el cuarto circuito: Absorbedor - Fan Coils, lo ocupan una serie de tuberías tee (diverter), la bomba de agua fría y cuatro unidades fan coil, uno para cada zona a acondicionar [3].

Así pues, nos enfocaremos primeramente en el establecimiento de los parámetros que pueden ser optimizados en estas instalaciones.

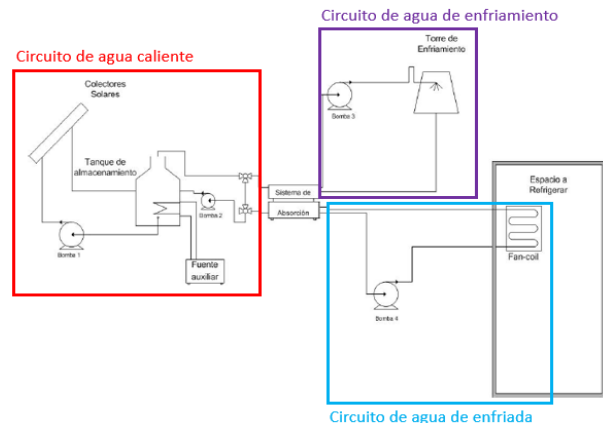


Figura 1. Esquema general de la instalación [3].

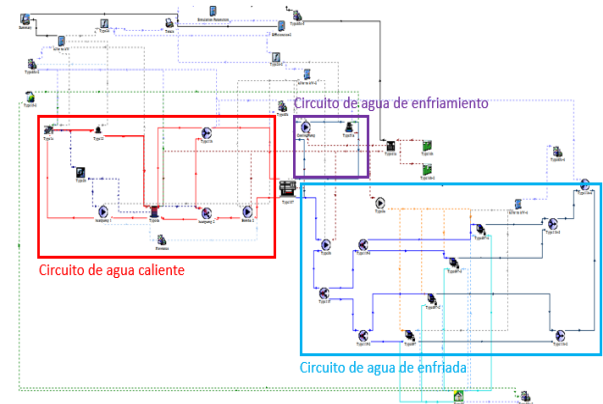


Figura 2. Instalación solar en TRNSYS [3].

2.2 Análisis de parámetros optimizables dentro de las instalaciones de aire acondicionado solar por absorción

Para corroborar que el sistema es en efecto optimizable, recurrimos al uso del análisis de grados de libertad: Un sistema con M ecuaciones, N variables y F grados de libertad, será optimizable si y sólo si $F > 1$ dada la expresión (1).

$$F = N - M \quad (1)$$

Esta expresión debe ser utilizada luego de haber escrito todas las ecuaciones correspondientes al modelo matemático de la fisicoquímica del proceso. En nuestro caso, se tienen las siguientes relaciones:

- Balances de masa,
- Balances de energía,
- Balances de momentum o fuerzas,
- Relaciones termodinámicas,
- Restricciones de diseño.

La determinación de las ecuaciones correspondientes a los puntos anteriores, para nuestro proceso en particular (ver figura 1) y para cada dispositivo, dieron como resultado un total de 52 variables y 44 ecuaciones. Lo cual confirma que el sistema es en efecto, optimizable.

Ahora, se prosigue a determinar todos los parámetros que pueden ser optimizados en estos procesos. Luego de una detallada revisión literaria, los siguientes parámetros son los más propensos a ser optimizados:

- El flujo másico en los colectores para maximizar la extracción de exergía,
- La temperatura del agua caliente que entra al generador,
- El ángulo de inclinación de los colectores solares,
- El tamaño del tanque de almacenamiento de calor,
- El consumo eléctrico de la instalación (calentador auxiliar, bombas, ventiladores, etc.),
- Costos asociados al consumo eléctrico,
- La estabilidad y el tiempo de respuesta de las temperaturas,
- El consumo de agua,
- Eficiencia y COP del sistema.

Teniendo lo anterior en cuenta, luego de un estudio de criticidad, los parámetros escogidos para optimización son los siguientes:

- La estabilidad y tiempo de respuesta de las temperaturas del agua caliente, de enfriamiento y enfriada, para garantizar operación segura del Chiller de absorción.
- Disminuir el consumo eléctrico, que se obtiene en los resultados de [3].

La primera de la lista es extremadamente necesaria; ya que, si el Chiller de absorción no opera dentro de los rangos nominales, se pueden encontrar problemas de cristalización del LiBr dentro de sus tuberías, obstruyendo el paso de la mezcla LiBr-H₂O.

Observando los resultados (ver figura 7), se muestra el comportamiento de las tres temperaturas más importantes: T_G temperatura del agua que entra al generador, T_E temperatura del agua enfriada, T_T temperatura del agua de enfriamiento; podemos notar que las únicas dos temperaturas que presentan picos fuera del comportamiento normal (valores nominales), es T_E que sale del Chiller y T_G . Esta última, se encuentra en un rango de temperaturas no acorde con las especificaciones del fabricante ($83^\circ\text{C} \leq T_G \leq 95^\circ\text{C}$). Nótese que en los momentos donde aparecen los picos en T_E , T_G tiene un valor por debajo de 80°C , esto indica que al generador no le llega el agua a la

temperatura adecuada en esos momentos (ej.: al comienzo del día) y esto a su vez, ocasiona la aparición de los picos en T_E .

Por otra parte, la presencia de estos picos indica también que, en esos momentos del año, la carga térmica del recinto (\dot{Q}_R) que se quiere acondicionar, sobrepasa la capacidad nominal de enfriamiento (\dot{Q}_C) del Chiller de absorción.

Con la finalidad de optimizar el menor número de variables posibles, se hace necesario conocer la relación entre las mencionadas en el párrafo precedente: T_E , T_G , \dot{Q}_R y \dot{Q}_C , lo que reducirá el diseño del sistema de control. La relación entre 3 de las variables mencionadas, es la siguiente [3]:

$$\dot{Q}_C = 0,42 * (T_G - 2,5 * T_T + 1,8 * T_E) + 0,9 \quad (2)$$

Donde T_T representa el agua de enfriamiento que proviene de las torres de enfriamiento.

La ecuación (2) se determina a partir de la conocida relación: ecuación característica del Chiller, la cual es única para cada Chiller de absorción y debe ser incluida en la data del fabricante del equipo. Por último, \dot{Q}_C y \dot{Q}_R se relacionan por medio de un balance de energía en el serpentín de la unidad FanCoil que se encuentra al interior del recinto a acondicionar. En un caso ideal, se tiene:

$$\dot{Q}_R = \dot{Q}_C \quad (3)$$

Así se puede concluir que, si T_G se mantiene dentro del rango nominal, T_E se mantendrá también dentro de este rango y, por lo tanto, \dot{Q}_C y \dot{Q}_R también. Claro está, que T_T se debe también tener en el rango nominal que solicita el Chiller de absorción. De esta manera, si T_T se mantiene dentro del rango nominal, \dot{Q}_C y T_E dependerán solo de T_G . Aquí, se asume que T_T se logra mantener dentro del rango nominal, por medio de las torres de enfriamiento.

Dado lo anterior, se obtienen como funciones objetivo y parámetros a optimizar: minimizar el tiempo de respuesta en que T_G llega a su valor nominal,

$$\min(t_{T_G \rightarrow T_{G,nominal}}) \rightarrow 0 \quad (4)$$

y, reducir la amplitud de T_G , manteniéndola dentro de los valores nominales:

$$\min(A_{T_G}) \rightarrow A_{T_{G,nominal}} \quad (5)$$

Desde el punto de vista de la seguridad del Chiller, se hace críticamente necesario que el agua que llega al generador se encuentre dentro de sus valores nominales, ya que se pueden ver afectadas las reacciones químicas que se dan dentro del Chiller de absorción. La temperatura que llega al generador proviene del circuito secundario de agua caliente; es entonces que, es aquí en donde se propuso colocar un controlador diseñado de tal manera que permita cumplir lo expresado por las expresiones (4) y (5).

En lo que respecta al otro parámetro que se decidió optimizar, primeramente: el consumo eléctrico del calentador auxiliar del tanque de almacenamiento (o acumulador) del circuito de agua caliente; lo anterior resta imposible de realizar, en momentos donde la energía proveniente de los colectores solares no es la suficiente para garantizar la temperatura necesaria del agua que entra al generador. Sin embargo, decidimos también, diseñar un controlador que permita optimizar el uso de este calentador auxiliar. Este último se logra reducir, cuando la temperatura superior del acumulador de calor se mantiene cercana o igual a la temperatura deseada a la entrada del generador a un caudal específico. Lo anterior se deduce de la ecuación para la potencia térmica del calentador:

$$\dot{Q}_{aux} = c_p * \rho * \dot{V} * (T_{G,nominal} - T_{acumulador}) \quad (6)$$

Donde c_p y ρ son propiedades del agua, y \dot{V} representa el caudal o flujo volumétrico del acumulador.

De esta manera nos queda que $\min(\dot{Q}_{aux}) \rightarrow 0$, se hace posible cuando $T_{G,nominal} \approx T_{acumulador}$ a un \dot{V} dado. Esto último indica entonces que es de suma importancia prestar atención a la $T_{acumulador}$. Del circuito primario de agua caliente, se deduce que la temperatura del agua que entra al acumulador depende de la que proviene del campo de colectores térmicos $T_{colectores}$. Es, así pues, que nuestra tercera función objetivo es:

$$\min(t_{T_{colectores} \rightarrow T_{colectores,nominal}}) \rightarrow 0 \quad (7)$$

De esta manera, se concluye que se debe diseñar un controlador para el circuito primario de agua caliente que permita cumplir lo dicho en la expresión (7).

2.3 Estrategias de Control escogidas

De acuerdo con el alcance de TRNSYS, se cuenta con tres estrategias de control para ser empleadas al instante [8],[9]. Estas son:

- El control diferencial (On-Off).
- FeedBack Iterative Control (FB).
- El control proporcional-integral-derivativo (PID).

De acuerdo con los estudios revisados (§1), la estrategia que resalta a utilizar, de las antes mencionadas es control PID, sin embargo, el conocimiento de la función de transferencia del proceso que se desea controlar es indispensable, la cual está fuera del alcance de este trabajo.

Por otro lado, en la estrategia de control FeedBack Iterative Control (FB) que no es más que un control flotante en lazo cerrado, también se hace necesario, pero no indispensable contar con dicha función de transferencia para obtener los cálculos de estabilidad del proceso.

La mejor forma de obtener la función de transferencia es con los datos experimentales obtenidos de una medición en tiempo real. Dicho de otra forma, como se está trabajando con sistemas térmicos transitorios, tomando en cuenta las variables de entrada

y salida de la función de transferencia, deseada los datos obtenidos experimentalmente, serían los más adecuados para la obtención de dicha función.

Debido a que el sistema de absorción no ha sido implementado todavía y en las estrategias de control, excluyendo el control PID, no se necesita indispensablemente la función de transferencia del proceso, se decidió escoger como estrategias a utilizar, el control Diferencial On-Off y el Control flotante (FeedBack iterative control). Salvo que, para la segunda estrategia, se utilizará el proceso de ensayo y error para cumplir con el objetivo.

2.4 Diseño del sistema de control para el circuito de agua caliente

Debe notarse que los controladores implementados para el sistema de control vienen incorporados en TRNSYS. El diseño del sistema de control se basa en la modificación de los valores por defecto, tomando en cuenta lo mencionado en §2.2.

Los valores finales propuestos para los parámetros de los controladores se obtuvieron a partir de iteración manual tomando como objetivo primordial que la capacidad del Chiller de absorción lograra suplir la carga térmica de las zonas acondicionadas en todo momento.

2.4.1 Circuito primario

Partiendo de lo dicho en la sección anterior, el sistema de control en el circuito primario (ver figura 3) está destinado a reducir el uso del calentador auxiliar por medio de la temperatura de los colectores. El control se decidió realizar sobre los dispositivos manipulables de este circuito: el encendido y apagado de la bomba de agua, manteniendo su flujo constante, y la adición de una válvula aliviadora. Teniendo un controlador para cada dispositivo mencionado, la estrategia utilizada fue control diferencial On-Off (ver figura 4). En la figura 4, se indican las temperaturas utilizadas como entradas a los controladores y los dispositivos que son controlados.

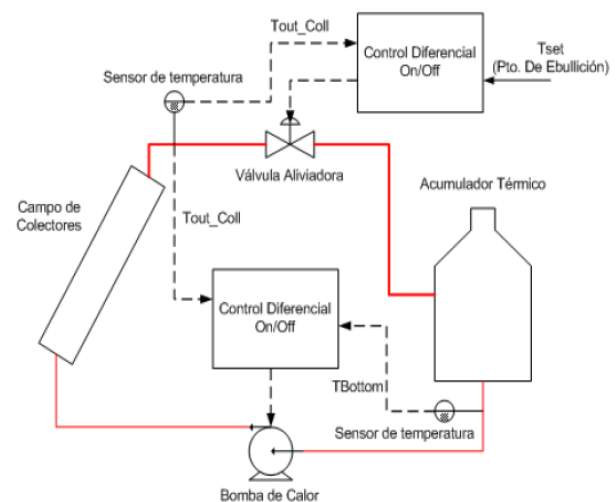


Figura 3. Circuito primario del agua caliente. Líneas rojas indican el paso por donde circula el agua caliente.

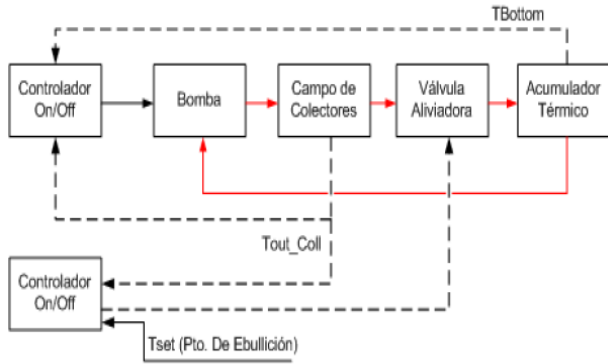


Figura 4. Esquema de la estrategia de control para el circuito primario del agua caliente. Líneas rojas indican el paso por donde circula el agua caliente (de la figura 3).

2.4.2 Circuito secundario

El sistema de control para el circuito secundario (ver figura 5) está destinado a mantener a la temperatura del agua que entra al generador en su valor nominal.

El control se decidió realizar sobre la válvula divergente (conocida como tempering valve) para la manipulación del flujo de agua que sale del generador, junto con la adición de una bomba de caudal variable.

También se coloca un controlador para el calentador auxiliar. Así, teniendo un controlador para cada dispositivo mencionado, las estrategias de control escogidas fueron: el control Feedback y el diferencial On-Off como se muestra en la figura 5 y 6. En esta última figura, se indican también las temperaturas utilizadas como entradas a los controladores y los dispositivos que son controlados.

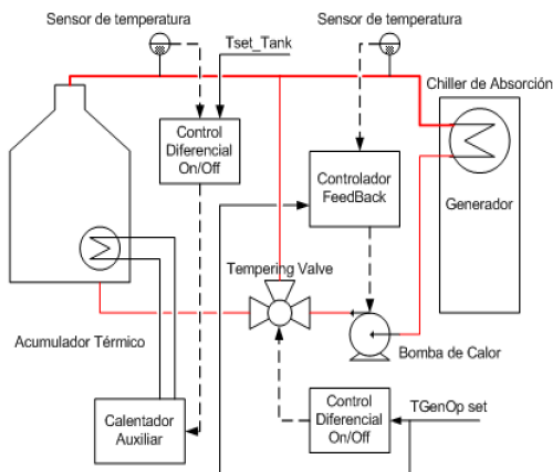


Figura 5. Circuito secundario del agua caliente. Líneas rojas indican el paso por donde circula el agua caliente.

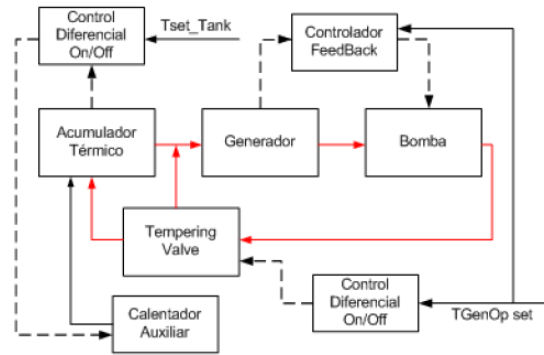


Figura 6. Esquema de la estrategia de control para el circuito secundario del agua caliente. Líneas rojas indican el paso por donde circula el agua caliente (de la figura 5).

3. Resultados y análisis

Comparando los resultados obtenidos presentados en las figuras 7, con los obtenidos en la figura 9 se observa claramente que la estabilidad de las temperaturas de mayor importancia dentro del Chiller de absorción es alcanzada; los picos en T_E (en color celeste) han sido completamente eliminados y T_G (en color rojo) se encuentra dentro de los rangos nominales de operación, como se deseaba.

En las figuras 8 y 10, se observa que el consumo eléctrico aumentó considerablemente, debido al aumento en el uso del calentador auxiliar del acumulador térmico. Lo anterior es consecuencia de que uno de los objetivos propuestos, es el de minimizar el tiempo en el que la temperatura del agua que entra al generador llega a su valor nominal de operación deseado. Este tiempo pasa de ser, de dos días aproximadamente a 6 horas. Paralelamente este aumento del uso del calentador auxiliar se ve afectado por el valor de temperatura de operación del generador, el cual es de 80°C (antes de aplicar el sistema de control) sin embargo, se encuentra un valor mínimo óptimo para la operación segura del sistema de 85°C (después de aplicar el sistema de control).

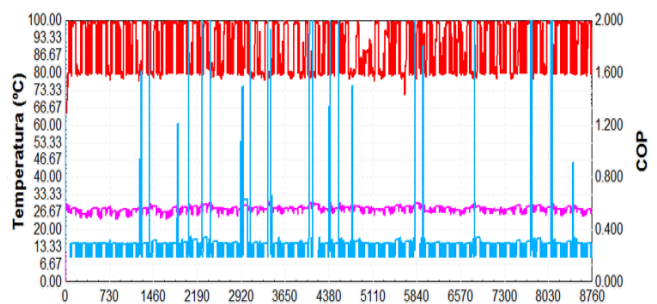


Figura 7. Resultado de simulación para un año, antes de aplicarle el sistema de control diseñado [3]. T_G en rojo, T_T en rosado y T_E en celeste.

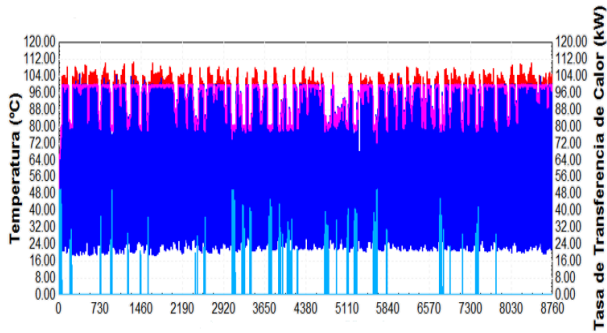


Figura 8. Resultado de simulación para un año, antes de aplicarle el sistema de control diseñado [3]. $T_{colectores}$ en rojo, $T_{acumulador}$ de salida en rosado, \dot{Q}_{aux} en celeste y T_{val} de salida en azul.

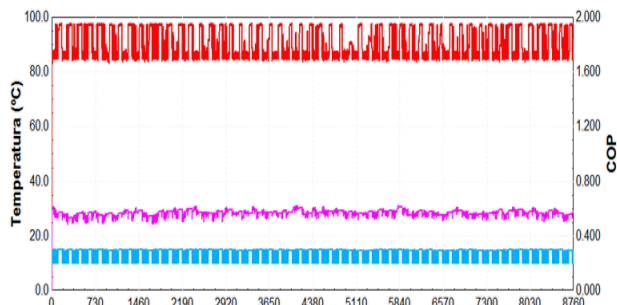


Figura 9. Resultado de simulación para un año, después de aplicarle el sistema de control diseñado. T_G en rojo, T_T en rosado y T_E en celeste.

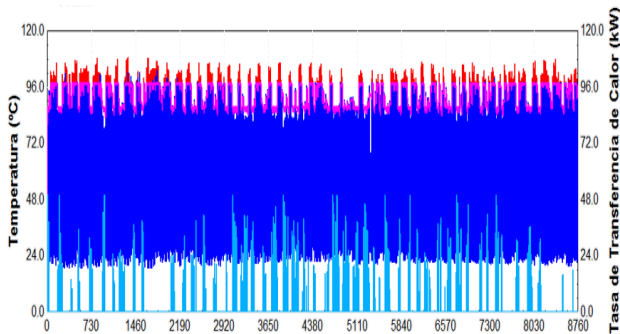


Figura 10. Resultado de simulación para un año, después de aplicarle el sistema de control diseñado. $T_{colectores}$ en rojo, $T_{acumulador}$ de salida en rosado, \dot{Q}_{aux} en celeste y T_{val} de salida en azul.

En detalle, para 80°C se tiene un consumo de 8892,06 kWh e interpolando para 85°C se tiene un consumo de 14683 kWh. Por el contrario, los resultados de este trabajo muestran que para 85°C se tiene un consumo de 22015,52 kWh (sólo para el calentador auxiliar), el cual representa un aumento del 33,3% en el consumo eléctrico de la instalación.

Las señales de control de los controladores del circuito secundario de agua caliente son presentadas en la figura 11, para

el 1ero de enero. Aquí, se muestra la operación del Chiller (en celeste) y la del calentador auxiliar (en rosado). Podemos observar que el calentador auxiliar se mantiene encendido durante todo el tiempo de operación del Chiller.

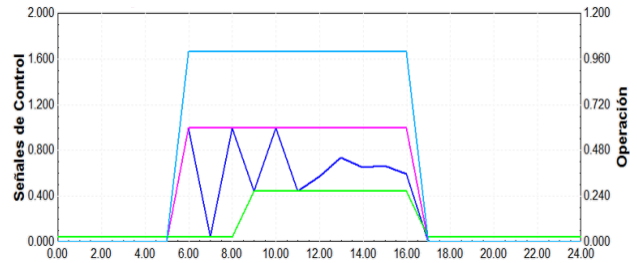


Figura 11. Señales de control, resultado de simulación para el 1ero de enero. Operación diaria del Chiller en celeste, operación del calentador auxiliar en rosado, señal de control de la bomba del sistema secundario en azul y señal de control para el controlador Feedback.

En las figuras (12 y 13), se presentan con la finalidad de comparar el tiempo de respuesta de la temperatura del agua que entra al generador (en rojo). Este tiempo es el que le toma a esta temperatura llegar a su valor nominal, desde el arranque del sistema. En la figura 12, se aprecia que la temperatura del agua que entra al generador no logra alcanzar valores nominales ($T_G > 80^\circ\text{C}$) luego de 2 días de haber arrancado el sistema. En cambio, luego de aplicar el sistema de control (figura 13), se aprecia que la temperatura del agua que entra al generador alcanza valores nominales luego de 10 horas de haber sido arrancado el sistema.

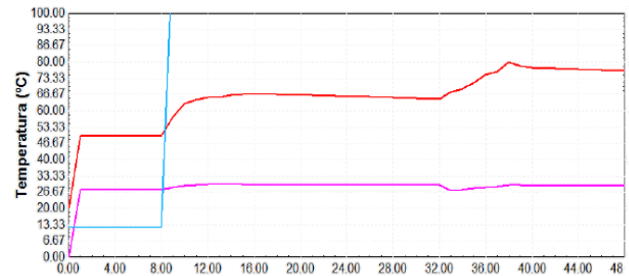


Figura 12. Resultado de simulación para el 1ero de enero, antes de aplicarle el sistema de control diseñado [3]. T_G en rojo, T_T en rosado y T_E en celeste.

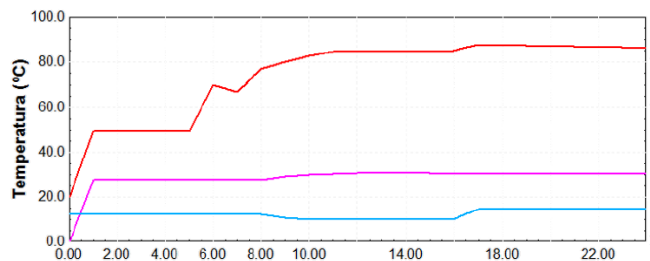


Figura 13. Resultado de simulación para el 1ero de enero, luego de aplicarle el sistema de control diseñado. T_G en rojo, T_T en rosado y T_E en celeste.

4. Conclusión

En la búsqueda de nuevas alternativas que ayuden a la reducción del consumo eléctrico destinado al proceso de acondicionamiento de aire en la República de Panamá, un estudio fue realizado en la Universidad Tecnológica de Panamá por el centro de investigación CINEMI. Dentro de este estudio, se propuso el diseño de una instalación solar acondicionadora de aire por absorción utilizando la herramienta de simulación TRNSYS, para luego ser implementado. El resultado de las simulaciones del diseño propuesto, para utilización bajo las condiciones climáticas de Panamá, predice que en ciertos momentos del año el Chiller de absorción presentará comportamientos fuera de su rango nominal (figura 7). Esto último, involucraría fallos en el Chiller ya que, al no operar dentro del rango nominal, se puede presentar el mayor problema que tienen estos dispositivos: la cristalización del LiBr, lo cual ocasiona obstrucciones en las tuberías. Aquí, se propuso el diseño de un sistema de control de simple implementación, utilizando TRNSYS; el cual se basó en el análisis de reducción de parámetros a controlar y a optimizar. Este sistema de control ha contribuido satisfactoriamente a que el Chiller de absorción trabaje dentro del rango nominal durante todo el año (figura 9).

Lo anterior, condujo a un aumento en la utilización del calentador auxiliar de la instalación, aumentando su consumo eléctrico global en un 33,3%.

Panamá al ser un país ubicado cerca de la línea ecuatorial, presenta una cobertura solar junto con una radiación solar aprovechable, potencialmente alta. Así, el uso de sistemas acondicionadores de aire por absorción con asistencia solar, presentan un menor consumo eléctrico (en comparación con los sistemas convencionales, por compresión y absorción).

Una ventaja de los sistemas de absorción con respecto a los sistemas por compresión es que los de absorción desechan el calor al ambiente, a una temperatura más baja; lo cual reduce su impacto al medio ambiente circundante. Por el contrario, los sistemas de absorción alcanzan la temperatura deseada en menor tiempo con un coeficiente COP mayor, que los segundos (alrededor de 0,8).

El realizar las simulaciones con la herramienta TRNSYS, llevó a encontrar limitaciones en cuanto a las estrategias que se implementaron en el diseño del sistema de control. Por ejemplo, no se pudo utilizar la estrategia PID ya que, se necesita la función de transferencia del proceso que se desea controlar. Esta función de transferencia se obtiene de forma experimental, para lograr resultados más exactos en las simulaciones. Sin embargo, la instalación no ha sido implementada todavía.

5. Recomendaciones

Los picos que se presentan en el resultado de la potencia del calentador auxiliar (en celeste, figura 10), aparecen con mayor frecuencia en los arranques del Chiller (cuando comienza un día de trabajo). Una alternativa para eliminar estos picos y así reducir el consumo eléctrico, sería un sistema "híbrido", el cual trabaje con fuente auxiliar eléctrica y de gas. La fuente auxiliar de gas se utilizaría para los arranques y la eléctrica en el resto de la operación. Por ejemplo, en una simulación realizada con un sistema que tenga una fuente auxiliar solamente a gas, dio como resultado una reducción del 28,74% en el consumo eléctrico anual.

Otra alternativa incluye el estudio sobre un sistema híbrido, que contenga no sólo ambos tipos de fuente auxiliar, sino que conste de un sistema de compresión mecánica de vapor refrigerante y uno de absorción.

Por último, una vez el sistema haya sido implementado, se propone diseñar el sistema de control haciendo uso de las funciones de transferencia de los diferentes dispositivos dentro del sistema solar acondicionador de aire por absorción.

Referencias

- [1] (2008) Serrano, W.J. Panamá derrocha energía en aires acondicionados y refrigeración [en línea], <http://burica.wordpress.com/2008/10/10/panama-derrocha-energia-en-aires-acondicionados-y-refrigeracion/>.
- [2] Programa de Normalización para la Eficiencia Energética. p. 9.
- [3] E. Quintana, "Diseño y Simulación de un Sistema de Acondicionamiento de Aire por Absorción utilizando como Medio Energético Principal o Parcial Colectores Solares Térmicos", I+D Tecnológico, vol.9, n°2, pp. 48-58, 2012.
- [4] E.F. Camacho, et al., "A survey on control schemes for distributed solar collector fields. Part I: Modeling and basic control approaches". Solar Energy, 81(10), pp. 1240-1251, 2007.
- [5] A Núñez-Reyes y C. Bordons, "Predictive control of a solar air conditioning plant with simultaneous identification", Proceedings of the 44th IEEE Conference on Decision and Control, and the European Control Conference, pp. 1355-1360, 2005.
- [6] L.A. Bujedo, J. Rodríguez, and P.J. Martínez, "Experimental results of different control strategies in a solar air-conditioning system at part load". Solar Energy, 85(7), pp. 1302-1315, 2011.
- [7] X.Q. Zhai, et al., "A review for research and new design options of solar absorption cooling systems". Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(9), pp. 4416-4423, 2011.
- [8] TRNSYS 17 Manual - Mathematical Reference. Vol. 4. 2010.
- [9] (2013) Wisconsin, U.o. TRNSYS 17 [en línea], <http://1/sel.me.wisc.edu/trnsys/features/features.html>.

Dr. Nathan M. Newmark: Padre de la Ingeniería Sísmica

Dr. Ramiro Vargas 

Universidad Tecnológica de Panamá. Facultad de Ingeniería Civil.
ramiro.vargas@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2983



Resumen: Nathan M. Newmark fue un educador e ingeniero de fama internacional. Fue ampliamente reconocido por sus investigaciones en la ingeniería estructural y en la dinámica estructural en la University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC), y por sus contribuciones al diseño de estructuras resistentes a sismos, incluida la Torre Latinoamericana en la Ciudad de México y por su trabajo en el diseño del oleoducto trans-Alaska. Sus importantes contribuciones al diseño sismo resistente de estructuras lo han llevado ser considerado como el padre fundador de la ingeniería sísmica.

Palabras clave: ingeniería sísmica, dinámica estructural, ingeniería estructural, ingeniería geotécnica.

Title: Nathan M. Newmark: Earthquake engineering Founding Father.

Abstract: Nathan M. Newmark was an internationally renowned educator and engineer. He was widely recognized for his research in structural engineering and dynamics of structures at the University of Illinois at Urbana-Champaign, and for his contributions to the design of earthquake-resistant structures, including the Latin American Tower in Mexico City, and for his work on the design of the trans-Alaska pipeline. His important contributions to the design of earthquake resistant structures have led him to be considered the founding father of earthquake engineering.

Keywords: earthquake engineering, dynamic of structures, structural engineering, geotechnical engineering.

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

Familia

Nathan M. Newmark nació el 22 de septiembre de 1910 en Plainfield, New Jersey, Estados Unidos. De origen judío, sus padres fueron Abraham and Mollie Newmark. En 1931 contrajo matrimonio con Anne Cohen, con quien tuvo tres hijos [1][5][8].



Figura 1. Nathan M. Newmark [8]

Estudios

Newmark realizó sus primeros estudios en North Carolina y New Jersey. En 1930 se graduó de ingeniero civil en Rutgers University con altos honores. Posteriormente, ingresó a la escuela de graduados de University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC), en donde obtuvo los grados de M.S. y Ph.D., bajo la guía de grandes maestros como Hardy Cross, Harold Westergaard y Frank Richart [1].

Carrera en UIUC

Después de graduarse de UIUC, Newmark fue nombrado en muchos puestos prestigiosos en varios departamentos en dicha universidad. Llegó a ser profesor e investigador de ingeniería civil en 1943. Se desempeñó como presidente del Laboratorio de Computación Digital de la universidad de 1947 a 1957, y en 1956 fue nombrado director del Departamento de Ingeniería Civil, cargo que ocupó hasta 1973. De igual forma, Newmark ocupó muchos puestos de liderazgo importantes dentro de UIUC, entre los cuales se destaca su permanencia en la Junta de Investigación de la Universidad. Realizó una exitosa carrera como profesor, hasta el momento en el que se retiró con el rango de Profesor Emérito. Bajo su liderazgo, el programa de ingeniería civil de la Universidad de Illinois en Urbana – Champaign alcanzó nuevas alturas.

Logros y aportes al estado del arte

Durante la Segunda Guerra Mundial, Newmark fue consultor del Comité de Investigación de la Defensa Nacional y la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, por lo que en el año de 1948 recibió el Certificado al Mérito de manos del Presidente de los Estados Unidos.

En 1959 Newmark introdujo lo que se conoce como el método Beta-Newmark de integración numérica que se utiliza para resolver ecuaciones diferenciales [2]. El método todavía

se usa ampliamente en la evaluación numérica de la respuesta dinámica de estructuras y cuerpos sólidos, como en el análisis de elementos finitos. Más tarde ayudó a desarrollar la primera computadora digital, ILLIAC II, la cual fue una de las primeras computadoras transistorizadas. Dichas computadoras fueron inclusive diseñadas para usar transistores que aún no se habían inventado para aquella fecha. El ILLIAC-II finalmente condujo al desarrollo de software de computadora para diversos usos en la ingeniería.

Otro de los logros de Newmark fue su participación como ingeniero consultor en el diseño de la Torre Latinoamericana en la Ciudad de México, el cual fue el edificio más alto en México hasta 1984, y es considerado el primer rascacielos construido en América Latina. Newmark diseñó el edificio para que se apoyara en el suelo blando debajo de la estructura y pudiera resistir grandes sismos. El diseño fue puesto a prueba en 1957 cuando un terremoto golpeó la ciudad, y nuevamente durante el sismo aún más fuerte de 1985. La Torre Latinoamericana ha resistido con un exitoso comportamiento todos los sismos a los que se ha visto sometida durante su vida útil, y todavía se mantiene en pie como testigo del progreso en la ingeniería sísmica logrado por Newmark. De igual forma, es importante destacar que la Torre Latinoamericana fue el primer rascacielos en construirse en una zona de alto riesgo sísmico, por lo cual sirvió de experimento para la cimentación y construcción de futuros edificios en el mundo.



Figura 2. Torre Latinoamericana [9]

Por otro lado, Newmark también desarrolló los criterios del diseño sísmico para otros grandes proyectos como el Sistema de Oleoductos Trans-Alaska y el Gasoducto de Gas Natural de Alaska. En este proyecto el terreno de Alaska ofrecía muchos desafíos diversos para una tubería subterránea normal, por lo que se consultó a Newmark sobre el diseño de

secciones de la tubería cerca de las fallas tectónicas. Dado que Newmark había realizado numerosos estudios sobre el efecto de los sismos en las estructuras, tenía los antecedentes ideales para abordar una hazaña tan revolucionaria para esa época. Es importante destacar también su participación como consultor estructural en el diseño de alrededor de 70 plantas de energía nuclear.

No es posible dejar sin mencionar en este artículo las numerosas contribuciones de Newmark a la ingeniería geotécnica, en la que desarrolló un nuevo método que lleva su nombre (Método de Bloques Deslizantes de Newmark), para calcular los desplazamientos en presas de tierra y taludes debido a sismos [3].

Legado

Asesoró más de 90 tesis doctorales, y entre sus estudiantes destacan William Hall y Emilio Rosenblueth, quienes también realizaron importantes contribuciones a la ingeniería sísmica.

Junto con E. Rosenblueth escribió el libro *Fundamentals of Earthquake Engineering* [10] en 1971, y con W. Hall escribió la monografía *Earthquake Spectra and Design* en 1981 [11]; publicaciones ambas que significaron un aporte sustancial al avance del estado del arte de la ingeniería sísmica.

En 1964 contribuyó a la fundación de la National Academy of Engineering (NAE) y dos años más tarde se convirtió en miembro de la National Academy of Sciences (NAS) [7][8]. Entre sus publicaciones se cuentan más de 200 artículos, libros y capítulos de libros.

Reconocimientos

El Instituto Americano del Concreto le otorgó a Newmark la Medalla Wason al artículo más importante en 1950 [4]. En 1968 recibió la Medalla Nacional para las Ciencias de la Ingeniería. Fue elegido miembro de la American Academy of Arts and Sciences en 1962 [5], y recibió la medalla John Fritz en 1979, entre otros numerosos premios. La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) le ha otorgado su nombre a la medalla que entrega a un miembro de la ASCE que, a través de sus contribuciones, haya impulsado el fortalecimiento de la base científica de la ingeniería estructural [6].

En reconocimiento de sus múltiples contribuciones, el laboratorio de ingeniería civil de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign lleva su nombre. Igualmente, es considerado el padre fundador de la Ingeniería Sísmica.

Como cierre de este artículo, es propicio indicar que Newmark poseía una habilidad inusual para atraer a los jóvenes al campo de la ingeniería civil. Tenía la capacidad de inspirar con la confianza en el emprendimiento de nuevas y variadas tareas, y para guiar sin llegar a dirigir el pensamiento de los demás. En todo momento siempre insistió en que sus estudiantes recibieran el reconocimiento apropiado por sus propios logros. Su incesante dedicación a la investigación, sus notables y continuas contribuciones al mejoramiento de la práctica del diseño estructural y su liderazgo en la educación, la enseñanza y las actividades profesionales han tenido una profunda influencia en la ingeniería civil.

El Dr. Nathan Mortimer Newmark falleció en la ciudad de Urbana, Illinois el 25 de enero de 1981.

Referencias

- [1] Structural and Geotechnical Mechanics: A Volume Honoring Nathan M. Newmark, Editor: W. J. Hall, 1977.
- [2] Newmark, N. M. (1959) A method of computation for structural dynamics. Journal of Engineering Mechanics, ASCE, 85 (EM3) 67-94.
- [3] Newmark, N. M. (1965) Effects of earthquakes on dams and embankments. Geotechnique, 15 (2) 139-160.
- [4] "Wason Medal for Most Meritorious Paper". American Concrete Institute. Retrieved November 20, 2014.
- [5] "Book of Members, 1780-2010: Chapter N" (PDF). American Academy of Arts and Sciences. Retrieved June 14, 2011.
- [6] American Society of Civil Engineers. "Nathan M. Newmark Medal". Archived from the original on 2007-09-30. Retrieved 2008-01-21.
- [7] "Founding members of the National Academy of Engineering". National Academy of Engineering. Retrieved 2012-10-21.
- [8] Richard G. Weingardt, P.E. (2005). Engineering Legends.
- [9] Wikipedia, "Torre Latinamericana" 2020. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Torre_Latinoamericana. [Accessed: 03-Oct-2020].
- [10] Newmark, N.M., and Rosenblueth, E., Fundamentals of Earthquake Engineering, Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.J., 1971.
- [11] Newmark, N.M., and Hall, W.J., Earthquake Spectra and Design, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley, California, 1982.

Sadi Carnot: El Padre de la Termodinámica

Dafni Mora Guerra 

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá.

dafni.mora@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2984



Resumen:

Nicolas Léonard Sadi Carnot fue un ingeniero francés, considerado como el Padre de la Termodinámica. Hace estudios sobre las máquinas térmicas y publica sus resultados a la edad de 24 años en su única obra titulada Reflexiones sobre la Potencia Motriz del Fuego en 1824, en donde postuló conceptos fundamentales sobre las máquinas térmicas, entre ellos, el ciclo de máxima eficiencia. Además, sentó los principios de la segunda Ley de la Termodinámica. Falleció a una corta edad de 36 años. Su obra fue influenciada por su padre el también Ingeniero Lazare Carnot.

Palabras clave: Carnot, máquina térmica, termodinámica.

Title: Sadi Carnot: The father of the Thermodynamic

Abstract: Nicolas Léonard Sadi Carnot was a French engineer, considered the Father of Thermodynamics. At the age of 24, he published his only work entitled "Reflections on the Motive Power of Fire" in 1824, where he postulated fundamental concepts about heat engines, among them, the maximum efficiency cycle. Also, he established the principles of the Second Law of Thermodynamics. He passed away at the young age of 36 years. He was also influenced by his father, also an engineer, Lazare Carnot.

Key Words: Carnot, heat engine, thermodynamics.

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 4 de agosto de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

Su vida

En un mundo en crisis, Nicolas Léonard Sadi Carnot nació el 1 de junio de 1796 en el Palais du Petit-Lexembourg. Era el hijo mayor de Sophie Dupont de Moringhem y Lazare Nicolas Marguerite Carnot. Sadi Carnot, como es mayormente conocido, tuvo dos hermanos. Su padre Lazare eligió para sus



Figura 1. Nicolas Léonard Sadi Carnot en uniforme de estudiante de la École Polytechnique [4]

dos primeros hijos (el primero murió a los 13 meses de edad) el nombre del poeta y moralista persa Saadi Musharif ed Din (1184-1280) [1]. En la figura 1 se muestra una pintura de Sadi Carnot y en la figura 2 se presenta el árbol genealógico conocido. Su madre era una pianista talentosa [2].

Hasta los 16 años, Sadi Carnot fue educado por su padre, quien le enseñó matemáticas y ciencias, así como idiomas y música. Primero fue enviado al Lycée Charlemagne en París para prepararlo para los exámenes de admisión a la Escuela Politécnica de París. En 1812 a los 16 años, con la mínima edad permitida, Carnot ingresó a la École Polytechnique, donde Poisson, Ampère y Arago estaban entre sus maestros. Carnot se graduó de la École Polytechnique en 1814, en la época en que se iniciaba el declive del imperio napoleónico. Antes de graduarse, Carnot y otros estudiantes de la École Polytechnique se ofrecieron como voluntarios a pelear (sin éxito) con Napoleón para defender a Vincennes [1].

Después de graduarse, Carnot completó su entrenamiento con dos años adicionales de estudio de ingeniería militar en la École du Génie en Metz. La carrera militar de Sadi Carnot no fue fácil; se reflejaron los altibajos políticos de su padre, los cuales lo llevaron a ser reservado, introvertido y casi taciturno.

Además de su educación formal, Sadi Carnot asistió a cursos en varias instituciones en París, incluida la Sorbona y el Collège de France. Se interesó en problemas industriales; visitó fábricas y talleres; estudió las últimas teorías de la economía política; y, en particular, comenzó a estudiar la teoría de los gases. Más allá de esto, su actividad y habilidad abrazaron las matemáticas y las bellas artes (su hermano Hippolyte afirmó que era un excelente violinista) [1].

Según la biografía escrita por su hermano Hippolyte, en junio de 1832, a sus 36 años Sadi se enfermó y el 24 de agosto de 1832 murió producto de la pandemia de Colera que devastó París esos años, sin que fuera reconocido por sus aportes a la ciencia. Contrario a esta versión, otros autores [3] afirman que Sadi Carnot falleció en un manicomio para personas ricas (Maison de Santé du Dr. Esquirol, ubicado en Ivry-sur-Seine) y que el hermano intentó ocultar este hecho.

Su padre

Lazare-Nicolas-Marguerite Carnot (1753-1823), conocido en la historia francesa como el "Organizador de la Victoria" en las guerras de la Revolución, y en la Ingeniería mecánica por el principio de continuidad en la transmisión de la potencia.

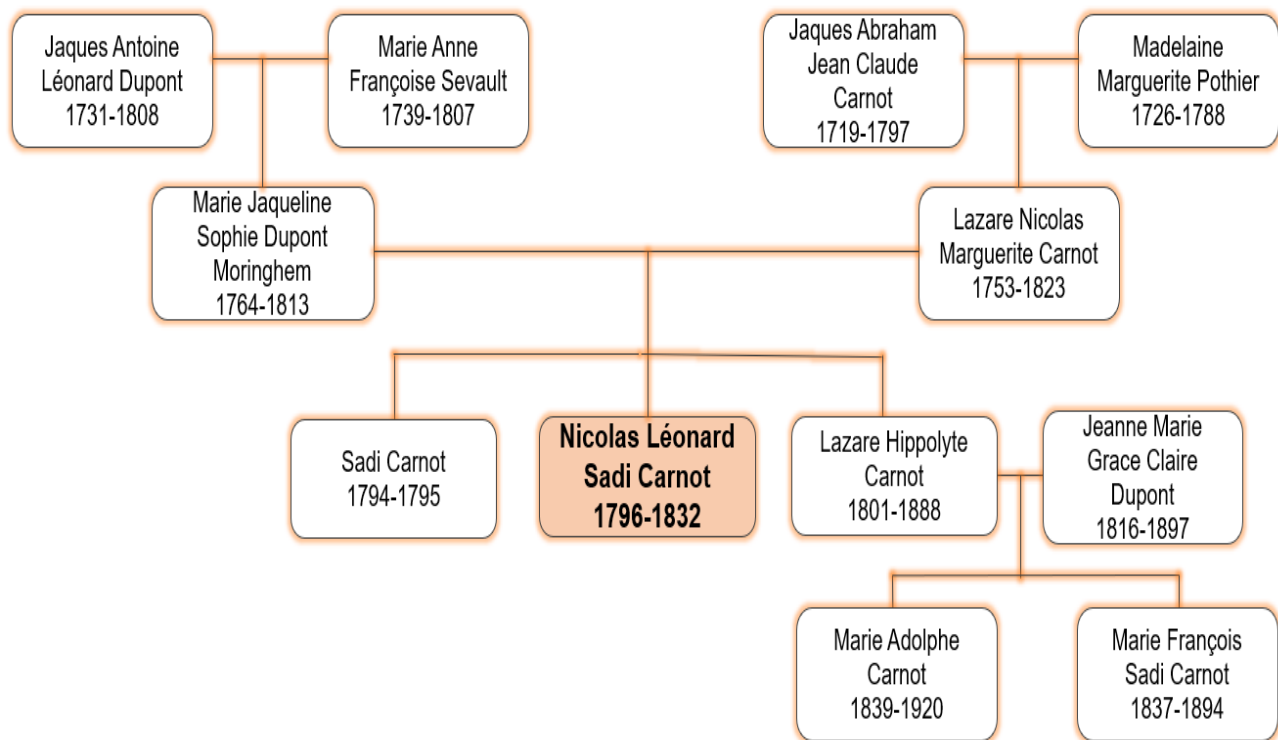


Figura 2. Árbol genealógico de Nicolas Léonard Sadi Carnot

Sigue siendo uno de los pocos hombres destacados tanto en la ciencia como en la política, en cada dominio, su carrera merece un reconocimiento especial por sus propios méritos [5]. Asistió a la escuela de Ingeniería militar y luego emprendió carrera militar (reorganizando el ejército y más tarde se convirtió en el ministro de guerra de Napoleón Bonaparte). En 1800 fue elegido miembro del Instituto Francés y cinco años después se convirtió en su presidente [6]. Científicamente fue famoso como matemático y como Ingeniero Mecánico; escribió múltiples libros. En uno de ellos "Principios fundamentales de equilibrio y movimiento (1803)", discute conceptos de conservación de energía mecánica y la imposibilidad de una máquina de movimiento perpetuo [1]. En la actualidad estos principios son ampliamente conocidos, pero no en los días en donde la Primera Ley de la Termodinámica aún no había sido postulada.

Otro aspecto que es importante recalcar es que la física del siglo XVIII fue desarrollada bajo las tres leyes de movimiento de Newton. Aún faltaba el concepto de energía que fue introducido

por Leibniz (1695) en forma de fuerza vital, *vis viva* (hoy día: energía cinética), y fuerza muerta, *vis mortua*, que luego fue renombrada como energía potencial por Rankine (1853). Por otro lado, el concepto de trabajo estaba ausente en la mecánica y el análisis numérico de los procesos mecánicos, los cuales se plantearon sin el uso de formalismos algebraicos en el análisis de vectores. A grandes rasgos, éste era el estado del arte de la mecánica cuando Lazare comenzó sus estudios sistemáticos tratando de aplicar las leyes de la física a las propiedades de los dispositivos mecánicos [6].

La estrategia de Lazare en realidad demostró ser adecuada para una descripción abstracta de dispositivos mecánicos. El concepto del balance de trabajo permitió a Lazare describir el equilibrio en máquinas, en términos de desplazamientos virtuales. Habían otras dos cantidades estrechamente relacionadas con el "trabajo": la "potencia", una cantidad sin ninguna otra especificación y la "eficiencia", originalmente llamada "efecto". Para una comparación de eficiencias de

máquinas ideales y reales también se introdujo el concepto de "desigualdades mecánicas". Su trabajo en física, sin embargo, permaneció sin respuesta en su entorno y también fue omitido por sus seguidores, Lagrange y Laplace [6].

Las Influencias científicas de Carnot

Aunque las memorias de Carnot son profundamente originales, es posible que hayan tenido grandes influencias de dos personas, por un lado, de su padre Lazare Carnot y, por otro lado, de sus maestros, el eminente científico e industrial Nicolas Clément y Charles Bernard [2].

La fama de Lazare Carnot se debe principalmente a su actividad política, pero sus contribuciones científicas están lejos de ser insignificantes y ejercieron una influencia definitiva sobre Sadi

De hecho, en su prueba en las máquinas, Lazare, como lo hará Sadi más adelante, busca establecer las condiciones óptimas para el funcionamiento de una máquina hidráulica reducida a su principio, la abstracción deja de lado toda consideración práctica. La condición óptima es que la transmisión de la fuerza motriz se realice sin golpe. En *Réflexions*, la condición comparable para la máxima eficiencia es que no hay flujo de calor sin producir un efecto mecánico. Muchos otros aspectos de *Réflexions* dan testimonio de la deuda que Sadi tuvo con su padre: este es el caso de los comentarios sobre el movimiento perpetuo, la noción de reversibilidad y la importancia de estudiar un ciclo termodinámico [7]. Sadi tuvo ideas diferentes a las de la época en relación con la teoría del calórico, que explicaba las características y comportamientos físicos del calor y que fue abandonada a mediados del siglo XIX.

A su regreso a París, Sadi asistió a las clases de Nicolas Clément (1779-1842) en el Conservatoire des Arts et Métiers, donde estudió química y aprendió sobre las leyes de los gases comúnmente aceptadas de la época. Es probable que durante este período haya escrito el manuscrito inédito "Recherche d'une formule propre à représenter la puissance motrice de la vapeur d'eau", descubierto en 1966 en el Conservatoire des Arts et Métiers. En este manuscrito, la influencia de Clément es evidente: se encuentra la primera idea de un proceso cíclico que consta de solo tres fases (es decir, dos isotérmicas y una adiabática), por lo que no incluye la noción de reversibilidad.

Antes de su temprana muerte en 1832, Sadi también escribió las *Notas "sur les mathématiques, la physique et autres sujets"*, publicadas póstumamente, en las que abandonó la antigua idea del principio del calórico, siguiendo en cambio la teoría moderna del calor, anticipándose casi diez años [8].

Sus aportes científicos

La Termodinámica, ciencia que estudia y formula las relaciones entre el calor y los efectos mecánicos, representó en sus inicios una gloria científica. Para el año 1824, la revolución industrial había alcanzado su máximo desarrollo, especialmente en Inglaterra. Luego de la guerra con Gran Bretaña, Francia tuvo que importar de ese país la maquinaria de vapor más avanzada de la época. Sadi identificó que los británicos habían

progresado hasta ese momento gracias al ingenio de unos pocos ingenieros que carecían de educación científica formal. A pesar de esto, reconoció la supremacía de Inglaterra en el uso de la máquina de vapor [1]. Con las mejoras introducidas por James Watt a finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX dio lugar a la máquina de vapor de aplicación práctica, que resultaría fundamental en el desarrollo de la Revolución Industrial en toda Europa.

La máquina térmica es un dispositivo que utiliza calor para realizar trabajo mecánico. Se caracterizan por funcionar con un con un fluido de trabajo y en forma cíclica. La máquina térmica consta de una serie de procesos de expansión y compresión del fluido de trabajo. En este contexto surgen algunas de las preguntas de Sadi: ¿encontrar la relación de propiedades termodinámicas que definen el ciclo de máxima eficiencia?, y si ¿la misma depende del fluido de trabajo?

La obra de Sadi Carnot titulada *Reflexiones sobre la Potencia Motriz del Fuego* de 1824, se considera como el nacimiento de la Termodinámica. La hipótesis fundamental de Carnot es que el trabajo se debe exclusivamente a la diferencia de temperatura absoluta entre la fuente de calor y el sumidero de baja temperatura, independientemente de la naturaleza del medio de transmisión. Definió que el ciclo de máxima eficiencia debe constar de cuatro procesos: expansión isotérmica reversible, expansión adiabática reversible, compresión isotérmica reversible y compresión adiabática reversible. Por ser un ciclo reversible, es el más eficiente que opera entre dos límites de temperatura especificados.

La comprensión de los principios de conversión de calor en energía establecidos por Sadi Carnot tuvieron profundas repercusiones en toda la industria. La máquina de vapor aumentó, primero, la necesidad de carbón, y luego, la del petróleo. La mayor disponibilidad de carbón se refleja en las nuevas tecnologías para producir hierro y acero y en el uso de carbón para producir una gran cantidad de productos químicos.

La energía de vapor se usaba para conducir las máquinas involucradas en la industria textil, para desarrollar sistemas masivos de transporte. Por otro lado, la declaración del ciclo inverso de Carnot o ciclo de refrigeración eventualmente daría lugar a técnicas que, ya en la segunda mitad del siglo XIX permitieron transportar carne desde Argentina y Australia a los mercados europeos y alentar el crecimiento de la producción lechera y mercado de la jardinería [1].

Otro aspecto importante a considerar es lo relativo a las tres prohibiciones previas a la definición de la propiedad Termodinámica de Entropía: no se puede construir un motor que tenga eficiencia mayor que la de Carnot, no podemos construir un motor donde no haya calor que sea entregado al sumidero de baja temperatura y donde todo el calor recibido se transforme 100% en trabajo mecánico y no podemos tener un refrigerador que funcione con trabajo realizado igual a cero.

Avances de la Termodinámica

La vida y obra de Sadi Carnot tuvieron lugar en medio de una serie de eventos que marcaron la historia de Francia y la mundial. Sus logros fueron influenciados por su padre y por su

rigurosa educación científica y militar. Su obra abrió paso a la definición del enunciado de la Segunda Ley de la Termodinámica y la introducción de la propiedad de Entropía por Rudolf Julius Clausius en 1865.

Desde ese momento sentaron las bases de las Leyes fundamentales que gobiernan los procesos de la naturaleza en donde se encuentren transformaciones de calor en trabajo.

Actualmente gran parte de la industria de transporte, generación de energía eléctrica y muchas otras aplicaciones, tienen como base los principios enunciados por Carnot y prevalece la búsqueda de mejoras en la eficiencia.

Referencias

- [1] J. Wisniak, "Sadi Carnot: His life and achievements. Against the historical period? a short bibliographical sketch," *The Chemical Educator*, vol. 5, no. 1, pp. 38–42, 2000, doi: 10.1007/s00897990357a.
- [2] P. R. Salvi and V. Schettino, "Sadi Carnot's Réflexions and the foundation of thermodynamics," *Substantia*, vol. 3, no. 2 SE-Historical Articles, pp. 73–96, 2019, doi: 10.13128/Substantia-638.
- [3] A. Birembaut, "A propos des notices biographiques sur Sadi Carnot : Quelques documents inédits," *Revue d'histoire des sciences*, vol. 27, no. 4, pp. 355–370, 1974, doi: 10.3406/rhs.1974.1107.
- [4] American Physical Society, "June 12, 1824: Sadi Carnot publishes treatise on heat engines," *APS News*, vol. 18, no. 6, 2009, Accessed: Aug. 02, 2020. [Online]. Available: <https://www.aps.org/publications/apsnews/200906/physicshistory.cfm>.
- [5] C. C. Gillispie and R. Pisano, *Lazare and Sadi Carnot*, vol. 19, 2014.
- [6] J. Šesták, J. J. Mareš, P. Hubík, and I. Proks, "Contribution by Lazare and Sadi Carnot to the caloric theory of heat and its inspirative role in thermodynamics," *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, vol. 97, no. 2, pp. 679–683, 2009, doi: 10.1007/s10973-008-9710-y.
- [7] L. C. de Fontenay, *Sciences Physiques: De Carnot a Prigogine*. 1980.
- [8] C. C. Gillispie and R. Pisano, "Lazare and Sadi Carnot: A Scientific and Filial Relationship," *The Mathematical Intelligencer*, vol. 42, no. 2, pp. 91–100, 2020, doi: 10.1007/s00283-019-09957-w.

Dr. Santiago Ramón y Cajal: médico, científico y pintor.

Dra. Iveth Moreno , Dr. José Rolando

Serracín P. 

Universidad Tecnológica de Panamá. Facultad de Ingeniería Eléctrica, Centro Regional de Chiriquí, Grupo Robo-Proc.
iveth.moreno@utp.ac.pa; Jose.serracin@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.2985



Resumen: Don Santiago Ramón y Cajal, fue un médico científico y artista español, que fascino al mundo con sus investigaciones sobre el sistema nervioso. En este artículo se presenta una breve biografía de su vida, desde su niñez hasta su muerte; sobre como impacto su padre en su vida y de cómo su tenacidad lo llevó a ser galardonado con el premio más importante para un científico, el premio Nobel.

Palabras clave: histología, médico, científico, pintor, neuronal, sistema nervioso.

Title: Dr. Santiago Ramón y Cajal: doctor, scientist and painter.

Abstract: Don Santiago Ramón y Cajal, was a Spanish medical scientist and artist, who fascinated the world with his research on the nervous system. This article presents a brief biography of his life, from his childhood until his death; on how his father impacted his life and how his tenacity led him to be awarded the most important prize for a scientist, the Nobel Prize.

Key word: histology, medical, scientist, painter, neuronal, nervous system.

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 8 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 5 de enero de 2021.

Nacimiento y niñez

Santiago Felipe Ramón y Cajal (figura 1), nació el 1 de mayo de 1852 en Petilla de Aragón, España. Fue el hijo primogénito de cuatro hermanos, de Justo Ramón Casasús y de Antonia Cajal Puentes [1]. Su padre fue hijo de modestos labradores de Larrés (Huesca), que con esfuerzo propio y sacrificio logró ser médico cirujano, y del cual heredó la ambición de ser alguien y la decisión de no reparar en el sacrificio que tuviera que hacer, para lograr sus aspiraciones, según lo señala el propio Santiago Ramón y Cajal, en su obra "Recuerdos de mi vida" [2].

Se dice que fue un niño muy travieso, hasta estuvo preso en la cárcel por tres días, por causar problemas a un vecino. Se destacó por su ilimitada curiosidad por toda la naturaleza



Figura 1. Don Santiago Ramón y Cajal [4].

y sus fenómenos [3]. Desde los nueve años, despertó un gran talento hacia el dibujo, lo que motivó un gran disgusto para su padre, ya que se consideraba la profesión de la pintura como de segunda clase [1].

Como estudiante no fue muy bueno, por lo que, durante la época de sus estudios de instituto, su padre lo colocó como aprendiz de barbero y luego como aprendiz de zapatero [3].

Su pasión por la pintura

Inició sus estudios de anatomía a los 16 años, junto a su padre. Y es en ese momento, cuando Santiago Ramón le demuestra a su padre y al mundo el valor que significó para el desarrollo de su vida profesional, el haber tenido pasión por el dibujo y la pintura.

En [5] se comenta el interés que tuvo Cajal por ser artista, y como su padre lo condujo hacia los estudios en medicina. En su época lo normal era dibujar lo que se veía a través del microscopio. El dibujo, la fotografía, y sus intereses alternos, se convirtieron en las herramientas para expresar su pasión por la medicina, como se observa en la figura 2.

Estudios y logros

Santiago Ramón y Cajal inició formalmente sus estudios de medicina, en la misma universidad donde su padre era profesor, la Universidad de Zaragoza. Y para el año, 1873 se graduó de médico, y casi al mismo tiempo fue reclutado para servicio militar obligatorio, donde ejerció funciones como médico de Sanidad Militar [6].

Para esa época, Cuba luchaba por su independencia; y Santiago Ramón es enviado a Cuba como capitán. Estando en Cuba se enferma gravemente de malaria, y pide volver a

su país, en junio de 1875. En 1876 comienza su carrera como científico, sustentando en 1877 su tesis doctoral Patogenia de la Inflamación [7].

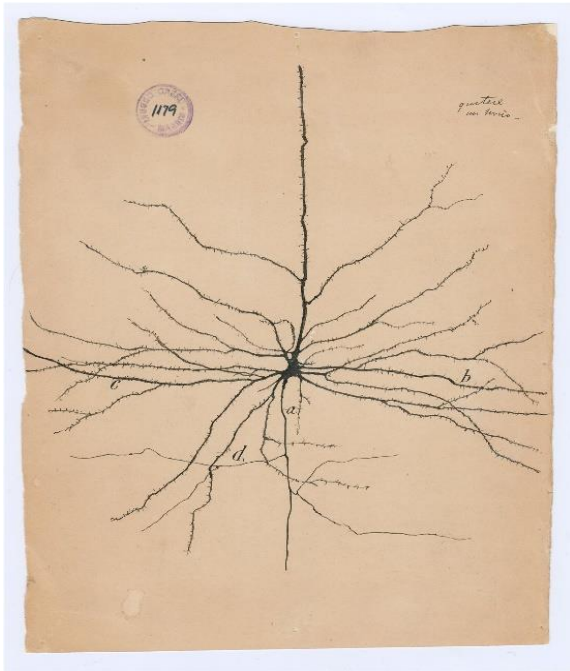


Figura 2. La neurona piramidal (1904), de Santiago Ramón y Cajal [8]

En los años siguientes, continuaría realizando estudios e investigaciones que serían la base del trabajo más importante de su vida. Luego, ocupó la cátedra en Valencia; y para este tiempo, ya utilizaba ratones en sus estudios, que le permitieron dar seguimiento a las estructuras encefálicas, y observar cómo los núcleos de células se encuentran entre sí muy cercanos, e inclusive seguir todo el trayecto de las prolongaciones celulares. Realizó también estudios del bacilo colérico, y propuso una vacuna basado en cultivos muertos del bacilo. Continuó sus estudios con tejidos vivos, logrando publicar una serie de artículos sobre el cartílago, las fibras musculares de insectos y de algunos vertebrados, la lente del cristalino, un Manual de histología normal y técnica micrográfica, esta última fue un gran éxito [3].

Premio Nobel

El doctor Santiago Ramón y Cajal inició experimentos con la técnica de tinción del histólogo Camilo Golgi del sistema nervioso en 1888; perfeccionando la técnica. Estos estudios le permitieron descubrir que las células nerviosas no se comunican entre sí por continuidad, sino por contacto de las terminaciones del axón. El descubrimiento fue ampliamente publicado internacionalmente, y él mismo viajó a dar disertaciones sobre su trabajo. Finalmente, su teoría neuronal fue reconocida y se aceptó la estructura del sistema nervioso concebida por Santiago Ramón, la cual describía como viajaba la información por el cerebro [9].

De este momento en adelante, su trabajo, así como su prestigio internacional fue en aumento, logrando entre otras cosas la publicación del libro la Textura del sistema nervioso del hombre y los vertebrados, considerado por el autor como la más importante de todas sus publicaciones; también recibió premios y distinciones de máximas categorías, otorgadas por instituciones de renombre. [3].

Entre todas esas distinciones, cabe destacar, que el doctor Santiago Ramón y Cajal, recibió el premio Noble en Medicina y Fisiología, el 10 de diciembre de 1906, en Estocolmo, Suecia; magna distinción para un científico [10].

El final de su vida

Los estudios de Cajal dieron lugar a un amplio campo de estudio, que ha dado lugar a varias generaciones de investigadores. Santiago Ramón y Cajal fue un investigador científico, cuyo trabajo no ha podido ser superado. Aportó no sólo a la ciencia, sino también en el arte y la literatura [10].

Falleció el 17 de octubre de 1934, en Madrid, España. Y según [9], su trabajo es pertinente actualmente, como lo demuestran las investigaciones sobre redes neuronales artificiales [11].

Referencias

- [1] Palacios Leonardo et al, «Santiago Ramón y Cajal, neurocientífico y pintor.» *Acta Neurológica Colombiana.*, vol. 31, n° 4, pp. 454-461, 2015.
- [2] C. Instituto, «Centro Virtual Cervantes.» [En línea]. Available: https://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal_recuernos/recuernos/infancia_01.htm. [Último acceso: 28 septiembre 2020].
- [3] UNAM, «Revista de Cultura Científica.» [En línea]. Available: <https://www.revistacienciasunam.com/es/51-revistas/revista-ciencias-84/314-santiago-ramon-y-cajal-a-cien-anos-del-premio-nobel.html>. [Último acceso: 28 septiembre 2020].
- [4] Infomed, «Cátedra Santiago Ramón y Cajal.» [En línea]. Available: <https://instituciones.sld.cu/csrc/galeria-de-imagenes-de-cajal/>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [5] A. Gómez, «ABC Ciencia. Cajal, el científico que quiso ser artista.» 22 octubre 2018. [En línea]. Available: https://www.abc.es/ciencia/abci-cajal-cientifico-quiso-artista-201810210211_noticia.html. [Último acceso: 28 septiembre 2020].
- [6] U. d. Salamanca, «Gestión del Repositorio Documental de la Universidad de Salamanca.» [En línea]. Available: <https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/23825/THIV-N37-P54-63.pdf?sequence=3>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [7] Estudios Ramon y Cajal, «Biografía de Santiago Ramón y Cajal: su vida al completo.» [En línea]. Available: <https://www.estudiosramonycajal.es/premio-nobel/>. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [8] E. NG, «Una muestra con dibujos de Santiago Ramón y Cajal recorre Estados Unidos y Canadá.» [En línea]. Available: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/una-muestra-con-dibujos-santiago-ramon-cajal-recorre-estados-unidos-canada_11187/2. [Último acceso: 29 septiembre 2020].
- [9] J. Klein, «Santiago Ramón y Cajal, el hombre que dibujó los secretos del cerebro.» *The New York Times.*, 21 febrero 2017.
- [10] E. Alfonso, «Santiago Ramón y Cajal, premio Nobel 1906.» *Revista Mexicana Neurociencia.*, vol. 7, n° 5, pp. 414-417, 2006.
- [11] E. Serna, «Principios y características de las redes neuronales artificiales.» de *Desarrollo e Innovación en Ingeniería.*, Medellín, IAI, 2017, pp. 173-182.

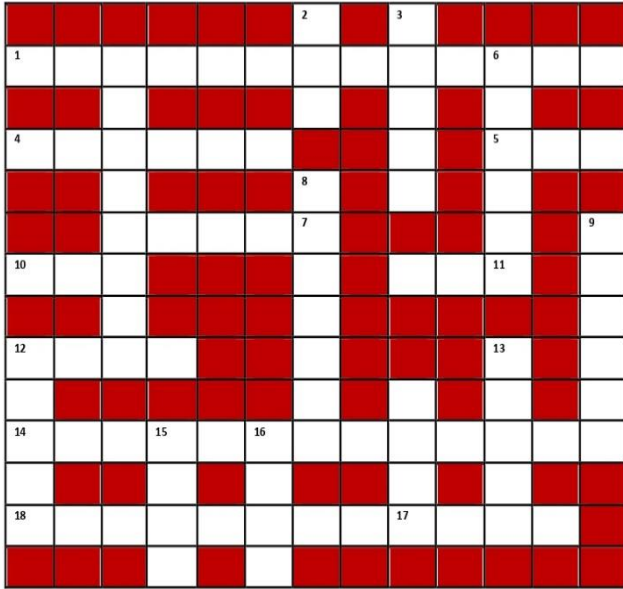
CRUCIGRAMA

Horizontales

- Conjunto de características que definen el lugar.
- Entorno gráfico para simular el comportamiento de sistemas transitorios.
- Plataforma para curso de pregrado.
- Acción que no sigue lo que es correcto.
- Ingeniería Asistida por Ordenador.
- Unidad lógica aritmética.
- Corriente natural de agua que fluye permanentemente.
- Se ablanda por la acción del calor y se endurece al enfriarse.
- Recinto en el que se mantienen condiciones ambientales.

Vertical

- Audio Modem Riser.
- Excavación que se hace para extraer un mineral.
- Acumulación de partículas de agua.
- Envase con un dispositivo especial para pulverizar el líquido.
- Parte de la física que estudia las leyes y los fenómenos de la luz.
- Semilla o grano.
- Grupo de Expertos en Imagen en Movimiento.
- Proceso de verificación de la operatividad de una computadora.
- Estándar de bus para computadores.



ACERTIJOS

Acertijo 1:

Había una vez una pareja de amigos, Manuel y María, que se enamoraron por Internet durante la Pandemia Covid-19. Pasaron los meses, y un buen día María le pregunto a Manuel: Oye Manuel ¿para cuándo el anillo? María le ha indicado a Manuel que no se aceptan anillos virtuales de compromiso. Manuel quiere enviarle a María el anillo de compromiso a través de una empresa de envíos de puerta a puerta, en vista de las restricciones de movilidad ciudadana. Sin embargo, como medida de protección en vista de los robos de envíos o encomienda, la empresa de envíos emitió un comunicado donde cualquier envío sea a través de pequeñas cajas fuertes con doble candado. Por seguridad, el remitente y el destinatario son los dueños de las llaves de los respectivos candados solamente. Durante todo el proceso de envío se tomaron las medidas de bioseguridad, distanciamiento social y limpieza con toallitas húmedas de Clorox de la superficie de las cajas fuertes. La empresa no conserva copia de las llaves de ambos candados, solo realiza el envío de puerta a puerta. ¿Cómo puede

hacer Manuel para que el anillo de compromiso llegue de forma segura a las manos de su amada María?

Acertijo #2:

En una parada de autobuses, había un grupo de jóvenes cantantes discutiendo, sobre quien conocía más canciones con nombres de mujeres. Un viejo profesor de música, se acercó y les dijo: "Les apuesto todo el dinero que tienen ustedes ahora mismo en sus respectivas billeteras a que yo puedo cantar una canción que existe de verdad con el nombre de cualquier mujer que cualquiera de ustedes elijan". Del grupo de músicos, hubo 3 músicos se quedaron perplejos y aceptaron el reto: De acuerdo, ¿qué te parece el nombre de nuestras madres? dijo el músico más joven. ¿Los nombres de las madres eran Deborah Dempsy, Carlota González y Maco Wong? ¿Qué canción cantó el viejo profesor de música?

Acertijo #3

Una madre y su hijo tiene una conversación telefónica. La madre estaba muy preocupada porque no sabía en que país del mundo se encontraba su hijo. La madre ansiosa le preguntó: ¿desde donde me llamas? y el hijo le respondió solo te voy a decir la fecha del país donde me encuentro, hoy es el 10 de septiembre. La madre miro el calendario de su propio país y le contesto: ok, ya sé que en qué país del mundo te encuentra hijo mío. ¿Cómo fue que acertó la madre el país exacto donde su encontraba su hijo con solo la fecha?

Acertijo #4

¿Qué hace remolinos, bucles, círculos, líneas en tus manos y sin embargo nunca se mueven?

Acertijo #5

¿Qué es lo último que quitas de tu casa antes de acostarte en la cama a dormir?

Acertijo #6

¿Qué se lava las orejas con su lengua y usa la cabeza para disciplinar a sus hijos?

Respuestas

Respuesta-1: Manuel introduce el anillo de compromiso en una pequeña caja fuerte, limpia el exterior e interior de la caja y el propio anillo de compromiso con alcohol y toallitas húmedas de Clorox. Luego Manuel cierra la caja y procede a colocarle el primero de los candados. Llama a la empresa de encomiendas de puerta a puerta y esta retira la pequeña caja fuerte y la lleva a casa de María. Esta procede a ponerle el segundo candado a la caja fuerte guardando fuerte medidas de bioseguridad (mascarilla, guantes y careta plástica). Manuel recibe la pequeña caja fuerte, guardando fuerte medidas de bioseguridad (mascarilla, guantes y careta plástica) y quita el candado de su propiedad puesto que tiene la llave, solo queda el candado propiedad de María. Manuel procede a enviarle a María la pequeña caja fuerte con el anillo de compromiso adentro y con su llave logra abrir el segundo candado de la caja fuerte y recibir el anillo de compromiso.

Respuesta-2: La canción del "Cumpleaños feliz", una canción que puede incluir cualquier nombre propio.

Respuesta-3: Para que la madre pueda ser capaz de determinar en qué país se encuentra su hijo, al conocer solamente el dato de la fecha del país en el que se encuentra su hijo y mirar ella la fecha de su propio calendario, se tiene que dar la circunstancia de que, debido a los diferentes husos horarios mundiales, el hijo se encuentre en un país (que además debe ser el único) en el que la fecha sea 10 de septiembre mientras que para el resto de los países la fecha debe ser distinta. Por tal motivo, Kiribati es el único país con GMT +14, con lo cual es siempre el primer país en recibir cada nuevo día y lo hace en solitario. Por ejemplo, es el primer país en recibir el año nuevo en solitario. Lo anterior hace posible que, Kiribati sea el único país del mundo en el que nos podemos encontrar en una fecha distinta al del resto de países del mundo y de esta manera, Kiribati es el único país cuya ubicación se conoce únicamente con el dato de la fecha de otro país distinto.

Respuesta-4: Las huellas dactilares de las manos.

Respuesta-5: Los pies.

Respuesta-6: La jirafa.

Guía para autores

Formato de artículos

PRISMA Tecnológico

Editorial Tecnológica
prisma@utp.ac.pa



PRISMA Tecnológico (ISSN 2312-637X) es una publicación anual de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) que se realiza a través de la Editorial Universitaria. Es una revista abierta que ofrece artículos de contenido tecnológico y científico multidisciplinarios, cuyo objetivo es divulgar conocimiento técnico-científico, y tratar temas de ingeniería en sus múltiples disciplinas, de manera comprensible y amena, con claridad, amplitud y responsabilidad.

PRISMA Tecnológico se ha diseñado con varias secciones que permiten incluir artículos de diversos tipos. Las secciones de la revista y los tipos de artículo permitidos se describen en la «Guía para autores - Políticas de publicación y ética».

A continuación, se listan los tipos de artículo y las secciones de la revista.

- Tipos de artículo: investigación, ensayo, revisión, tutorial, e histórico.
- Secciones de la revista y tipos de artículos que se aceptan en las mismas: Impacto (ensayo), Tecnología y Sociedad (investigación y ensayo), Actualidad Tecnológica (ensayo, revisión y tutorial), Tecnología a Fondo (revisión y tutorial), Tecno I+D (investigación), Tecno-Historia (histórico).

1. Formato

Escriba el documento en página tipo carta (21.9 cm x 27.94 cm). Todo material impreso, incluyendo texto, ilustraciones, gráficas y ecuaciones, debe mantenerse dentro de un área de impresión de 17.52 cm de ancho, por 22.86 cm de alto, con márgenes de 2.54 cm superior e inferior y de 2.03 cm a izquierda y derecha. No escriba o imprima nada fuera de esta área de impresión. Todo texto debe estar en un formato de dos columnas completamente justificado. Las columnas deben ser de 8.36 cm de ancho, con una separación entre ellas de 0.8 cm.

Tipos de letra y estilos

Utilice Word con el tipo de letra Arial Narrow. Por favor evite el uso de "bit-mapped fonts". Caracteres True-Type 1 son preferidos.

Título principal

El título principal debe iniciar en la primera columna, justificado a la izquierda, en Arial Narrow, 20 puntos, tipo negrita. Ponga en mayúscula solamente la letra inicial y aquellas de nombres propios o siglas. Si tiene subtítulo, éste debe ir a continuación, justificado a la izquierda, en Arial Narrow 16 puntos,

tipo negrita. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.

El título debe expresar claramente el tema en el que se centra el artículo, de modo que el lector pueda extraer, con solo leerlo, una idea de lo que va a encontrar después. Los autores procurarán no incluir en él abreviaturas salvo que éstas sean de uso generalizado (WCDMA, OFDM, etc.). En caso de duda, no las incluya.

Nombre(s) de autor(es) y afiliación(es)

Los nombres de los autores deben estar justificados a la izquierda justo debajo del título (o subtítulo) en Arial Narrow, 12 puntos, negrita. Cuando son múltiples autores deben mostrarse uno, seguido de otro. Use un subíndice seguido del nombre del autor para indicar el primer autor (a) y el autor de correspondencia (b). Para indicar la afiliación de cada autor use un superíndice numerado después del nombre de cada autor. Debajo, coloque el superíndice y la afiliación correspondiente en Arial Narrow 8 puntos. De forma similar, coloque debajo de las afiliaciones en el orden de los autores el correo electrónico de los mismos, también en Arial Narrow 8 puntos. Incluya a continuación una línea en blanco de 12 puntos.




Se entiende por primer autor (a) la persona que lidera la organización y escritura del artículo, y por autor de correspondencia (b) a la persona responsable de la comunicación oficial del artículo, de la organización y dirección del grupo de trabajo.

Además, todos los autores deben incluir su perfil ORCID, si no lo tienen deben registrarse en la siguiente dirección:

<https://orcid.org/>

El siguiente ejemplo ilustra el formato de nombres de autores, ORCID y afiliaciones.

Ejemplo:

Carlos Babel^{a1} , Benito Chan¹ , Juan Bernal^{b2} 

¹Universidad Tecnológica de Panamá

²Centro Experimental Internacional

¹{carlos.babel, benito.chan}@utp.ac.pa

²juan.bernal@cei.org

Incluir en cada artículo la licencia Creative Commons, utilizada por la revista como icono debajo de la información de autores:



Resumen

El resumen debe ser escrito en texto completamente justificado y en itálica, en la parte superior de la columna izquierda, debajo de la información del autor. Utilice la palabra "Resumen" como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, inicie el resumen, el cual debe estar escrito en Arial Narrow 10 puntos, espacio sencillo, itálica y puede ser hasta 7.62 cm de largo. Deje una línea (tamaño 10) en blanco después del resumen, luego incluya una lista de palabras claves.

Todos los tipos de artículo deben acompañarse de un resumen, con excepción de los trabajos en la sección Tecno-Historia. El resumen debe recoger los aspectos más destacados del trabajo, de modo que éste sea comprensible sin tener que leer el resto del artículo.

Para los artículos de Tecno I+D el resumen debe ser estructurado conteniendo objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Para todas las otras secciones, el resumen no se estructurará. Nunca se incluirán citas bibliográficas en el resumen.

Palabras clave

Utilice la expresión “Palabras clave” como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, incluya de 3 a 7 palabras claves en Arial Narrow 10 puntos itálicos a espacio sencillo. Seguido de los dos puntos la primera letra debe ir en minúscula, salvo excepciones (nombres propios, siglas, otras).

Sección en inglés

Después de las palabras claves deben aparecer el título, el resumen y las palabras claves en inglés en el formato anterior, indicando cada uno como se muestra a continuación.

Title: ...

Abstract: ...

Key words: ...

Texto principal

Escriba su texto principal en Arial Narrow 10 puntos, a espacio sencillo. No use doble espacio. Todos los párrafos deben tener una sangría de 0.5 cm. Asegúrese que el texto está completamente justificado, es decir, raso a la izquierda y a la derecha. Por favor no agregue ninguna línea en blanco entre párrafos.

Cabeceras de primer nivel

Los títulos de primer nivel, por ejemplo, “1. Introducción”, deben estar en Arial Narrow 12 puntos negrita, con mayúscula inicial, a la izquierda de la columna con una línea en blanco antes. Utilice un punto (“.”) después de la numeración, no una coma. Como en el título, use mayúscula solo para la primera letra, nombres propios o siglas.

Cabeceras de segundo nivel

Los títulos de segundo nivel, por ejemplo, “1.1 Antecedentes”, deben estar en Arial Narrow 11 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Cabeceras de tercer nivel

Los títulos de tercer nivel, por ejemplo, “1.1.1 Secciones”, no se recomiendan. Sin embargo, de ser necesarios, use Arial

Narrow de 10 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

Viñetas

Las viñetas deben ir justificadas a la izquierda y a espacio sencillo. La posición de la viñeta con respecto a la columna del texto debe ser cero (0) cm, y las posiciones de la tabulación y la sangría del texto de la viñeta deben ser 0.3 cm.

Diseño de la última página

Si la última página de su documento está solo parcialmente llena, arregle las columnas para que estén igualmente balanceadas si es posible, en lugar de tener una sola columna larga.

Enumeración de páginas y encabezados

No enumere automáticamente las páginas en el procesador, y no utilice ningún tipo de encabezado (header or footer).

Figuras y tablas

Todas las figuras y tablas deben ocupar el ancho completo (en lo posible) de una columna. Figuras y tablas muy grandes pueden ocupar ambas columnas, pero procure usar estas figuras y tablas de dos columnas de ancho solo cuando sea absolutamente necesario. Las leyendas de figura se colocan debajo de las figuras, y los títulos de las tablas se colocan centrados sobre las tablas. Las figuras y tablas deben enumerarse separadamente y en forma consecutiva usando números arábigos. Por ejemplo: “Figura 1. Esquema de modulación”, “Tabla 1. Datos de entrada”. Las leyendas de figuras y tablas deben ser Arial Narrow de 10 puntos. Use mayúscula inicial solo para la primera palabra de cada leyenda de figura o título de tabla. Para el contenido de las tablas use Arial Narrow de 8 puntos. Localice las tablas y figuras lo más cerca posible a la primera referencia de las mismas, al inicio o final de cada columna; evite colocarlas en el medio de las columnas. A continuación, se presenta un ejemplo de formato correcto para las tablas y figuras en la Figura 1 y la Tabla 1.



Figura 1. Ejemplo de imagen con resolución aceptable.

Tabla 1. Ejemplo de una tabla.

Sectores	N	%
Arriba	10	14.5
Abajo	13	60.2

Fuente: Adaptado de [2]

Todas las figuras (gráficas, ilustraciones, fotos) deben estar centradas, inclusive el título. Los artes (figuras, etc.) deben estar en su sitio dentro del artículo (preferiblemente como parte del texto en lugar de pegados). Procure utilizar ilustraciones, gráficas y fotos de alta calidad, mínimo 300 dpi, para evitar que se distorsionen si se amplían o reducen. Una vez se apruebe su artículo, se le solicitará que envíe las imágenes en formato JPG o PNG y las tablas o fórmulas en formato PDF de ser necesario.

Ecuaciones y símbolos

Para las ecuaciones, utilice el editor de ecuaciones de Microsoft y asegúrese de utilizar tipo Arial Narrow 10 puntos para las variables, números y texto en general. Para el formato de la ecuación (Format Object) seleccione "in line with text" y asegúrese que la numeración correspondiente queda alineada a la derecha y la ecuación queda centrada, como se ilustra a continuación

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi \quad (1)$$

Enumere las ecuaciones en forma consecutiva en paréntesis. Para hacer las ecuaciones más compactas puede utilizar el solidus (/), la función exp, o exponentes apropiados, y use paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores, como en

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (2)$$

$$\cdot \int_0^{\infty} \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_i) \, d\lambda$$

Asegúrese que los símbolos en su ecuación se han definido antes que aparezca la ecuación o inmediatamente después de la ecuación. Utilice tipo itálica para los símbolos (así, por ejemplo, T para referirse a una temperatura, mientras que T para la unidad Tesla). Refiérase a "(1)" no a "ec. (1)" ni "ecuación (1)".

Confine las ecuaciones a una columna y de ser necesario, divídalas en los símbolos algebraicos apropiados (como en (2)).

Con respecto a los símbolos matemáticos, letras griegas u otros elementos gráficos asegúrese que se muestran e imprimen correctamente, y que están incluidos en los tipos de letras (fonts packages) disponibles regularmente en MS Word.

Pies de página

Procure no utilizar pies de página. Si se utiliza colóquelo en la parte inferior de la columna de la página en la cual se hace referencia. Use Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo. Para facilitar la lectura, evite el uso de pies de página e incluya las observaciones necesarias en el texto (entre paréntesis, si se prefiere, como se ilustra aquí).

Secciones más comunes

Las siguientes secciones son las más usuales (pero no están limitadas a éstas) en un artículo de investigación.

Resumen: en el caso del resumen estructurado, el mismo debe incluir cuatro elementos identificables,

- El objetivo, es decir, el propósito fundamental del estudio y la hipótesis principal si la hubiera.
- Los materiales y métodos, se mencionan los procedimientos para la realización del estudio, se describen modelos, esquemas, herramientas, equipos, así como los métodos de modelado, simulación, observación y analíticos.
- Los resultados más relevantes del estudio, incluyendo la magnitud de los efectos y su importancia.
- Las conclusiones más relevantes que se sustentan directamente en los datos, junto con su aplicación.

Introducción: debe ubicar al lector en el contexto del trabajo. La introducción debe contener:

- La naturaleza del problema cuya solución o información se describe en el documento.
- El estado de la técnica en el dominio tratado (con sus respectivas referencias bibliográficas).
- El objetivo del trabajo, su relevancia y su contribución en relación al estado de la técnica.
- La descripción de la forma como el documento está estructurado, evitando que parezca una tabla de contenido.

Materiales y métodos: es importante presentar el diseño y tipo de investigación, pasos de la investigación, métodos y materiales. Además, también deben incluirse los criterios de selección del material tratado, los controles, estudios planeados y realizados.

Resultados y discusión: se recomienda presentar los resultados en orden lógico acorde a la metodología planteada. Usar tablas y figuras cuando sea posible para presentar los resultados de forma clara y resumida.

- Deben indicarse claramente los hallazgos más significativos.
- Posterior a la presentación de los resultados, se destacarán y discutirán los aspectos más importantes del trabajo. Toda afirmación debe estar avalada por los resultados obtenidos. Y por último, comparar los resultados obtenidos con estudios previos
- Se evitará repetir la enumeración de los resultados o los conceptos que se presentan en la introducción. Los autores expondrán el significado y trascendencia de los resultados obtenidos, su concordancia o no con estudios similares ya realizados, las limitaciones de su trabajo y la continuación lógica de éste.
- Se recomienda extremar la síntesis evitando repeticiones innecesarias.
- Tenga mucho cuidado en el texto del artículo al usar porcentajes o estadísticas con un pequeño número de muestras. Es incorrecto: "El sesenta por ciento (3/5) de las muestras X y el 20% (1/5) de Y han demostrado resistencia a los medicamentos." Es correcto: "Tres de cada cinco ejemplares de

X y 1 de cada 5 ejemplares de Y han demostrado resistencia a los medicamentos."

- Cuando un número empieza una oración entonces debe escribirlo en letras. Además, utilice numerales cuando las cifras sean mayores que 10.

Conclusión: las conclusiones deben ser enunciadas con claridad y deberán cubrir:

- Las contribuciones del trabajo y su grado de relevancia.
- Las ventajas y limitaciones de las propuestas presentadas.
- Referencia y aplicaciones de los resultados obtenidos.
- Recomendaciones para trabajos futuros.
- Impacto sobre la comunidad científica

Es importante indicar que no se requiere una sección de conclusión, pero que si se incluye debe cuidar que, aun cuando una sección de conclusión pueda resumir los puntos principales del artículo o ensayo, no debe duplicar el resumen en la conclusión. Una conclusión, como se ha indicado, debe elaborarse sobre la importancia del trabajo o sugerir aplicaciones y extensiones del mismo.

Los otros tipos de artículos tendrán estructura libre.

Apéndices (Anexos)

Los apéndices o anexos, de ser necesarios, aparecen antes del agradecimiento.

Agradecimiento

Podrán incorporarse, cuando se considere necesario, las personas, centros o entidades que hayan colaborado o apoyado la elaboración del trabajo, sin que ello justifique la calidad de autor. Debe especificarse la naturaleza de la ayuda.

Utilice el término en singular en el encabezado, aun cuando pueda tener muchos agradecimientos. Evite expresiones tales como "Uno de nosotros (S.A.M) agradece...". En lugar de esto, escriba "S. A. M. agradece...". El reconocimiento de apoyo a algún patrocinador o de apoyo financiero va en esta sección, por ejemplo, "Este trabajo fue financiado o apoyado en parte por la Secretaría Nacional bajo el acuerdo BS12345".

Referencias

La sección de Referencias va al final del documento y no debe estar enumerada. En ella debe listar y enumerar todas las referencias bibliográficas en Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo.

Utilice los estilos Regular e Itálica para distinguir entre los diferentes campos como se muestra en los ejemplos de esta sección.

Las referencias bibliográficas aparecerán seguidas de la última sección del texto, o de los agradecimientos, sin cambiar de hoja.

En el texto, enumere los elementos consecutivamente (en orden de aparición) en paréntesis cuadrados (e.g., [1]). Cuando se refiera a un elemento de la referencia, simplemente use el número de referencias, como en [2]; no use "Ref. [2]" o "Referencia [2]", excepto al inicio de una oración, e.g., "En [2] se muestra que...". Múltiples referencias se deben enumerar cada una con paréntesis separados (e.g., [1], [2], [4]-[6]).

A continuación se ilustran diferentes categorías con su formato que incluyen: libro [1], libro en una serie [2], artículo de revista (journal) [3], artículo en revista electrónica con DOI [4], artículo de conferencia [5], patente [6], sitio web [7], página web [8], hoja de datos [9], libro de datos como un manual [10], tesis de maestría o doctorado [11], reporte técnico [12], estándar [13].

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Gonçalves, E. Fox, & L. Watson, "Towards a digital library theory: a formal digital library ontology," *International Journal on Digital Libraries*, vol. 8, no. 2, pp. 91-114, 2008. <http://doi:10.1007/s00799-008-0033-1>
- [5] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [6] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [7] (2002) The IEEE website. [Online]. Disponible en: <http://www.ieee.org/>
- [8] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Disponible en: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] FLEXChip Signal Processor (MC68175/D), Motorola, 1996.
- [11] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [12] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," *Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep.* 99-02, 1999.
- [13] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.



Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP



Bienvenido al Portal de Revistas Académicas (Investigación, Académica, Cultural, Congresos Nacionales e internacionales) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Este sitio nace como una iniciativa del proyecto UTP-Ridda² para mostrar la producción científica e investigativa desarrollado por los docentes, investigadores y estudiantes de la UTP. Este proyecto es desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Editorial Universitaria y la Dirección de Comunicación Estratégica, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.

El objetivo de esta plataforma es visibilizar la producción científica en las revistas científicas en vías de mejorar el alcance de las publicaciones a nivel nacional e internacional a través de la integración en directorios, bases de datos, catálogos e indexaciones.

A partir del 2018 las publicaciones de los volúmenes de las revistas I+D Tecnológico, Prisma Tecnológico y la Revista de Iniciación Científica (RIC) se les asignará un DOI (Digital Object Identifier).



I+D Tecnológico
ISSN: 1680-8894
E-ISSN: 2219-6714



Prisma Tecnológico
ISSN: 2076-8133
E-ISSN: 2312-637X



Revista de Iniciación Científica
ISSN: 2412-0464
E-ISSN: 2413-6786



Revista RETOS XXI
ISSN: 2524-1125
E-ISSN: 2524-1133



El Tecnológico
ISSN: 1819-9623
E-ISSN: 1819-9623



Cultural MAgA
ISSN: 1018-1563
E-ISSN: 1018-1563



Memorias de Congresos UTP



Congresos CLABES

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas



Universidad Tecnológica de Panamá
Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,
Edificio Administrativo, Primer alto.
Teléfono: (507) 560-3703 / Telefax: (507) 560-3442
Correo electrónico: editorial@utp.ac.pa
Web: www.utp.ac.pa
Apartado Postal 0819-07289 El Dorado
Panamá, República de Panamá