

PRISMA Tecnológico

P-ISSN | 2076-8133 | E-ISSN L | 2312-637X | Volumen 14, N.º 1 | 2023 | Edición anual

**Planificación y gestión ambiental
de la cuenca del río Changuinola**

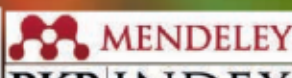
**Entrevista al Dr. Dante Mossi.
Presidente del Banco Centroamericano
de Integración Económica.**

**Un breve análisis de la diseminación
de la Información en redes Informáticas a partir
de modelos epidemiológicos.**

**ABI: Una aplicación móvil para consultar y reportar
medidas de bioseguridad por COVID-19 en Panamá.**

**Comparación y análisis de eficiencias
de puertos panameños y puertos cercanos
al Canal de Panamá a través del Análisis
Envoltorio de Datos.**

Indexada en:



PRISMA Tecnológico (P-ISSN 2076-8133 | E-ISSN 2312-637X)

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 desapruueba 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 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@ula.ve

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

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

Dr. Ronald Barazarte, Ph.D.
Electric Power Engineers, Inc.
rbarazarte@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
vladimirvillarreal@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)
fjcalvo@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 Mezitis
Riga Technical University, (Latvia)
marek@dztu.edu.lv

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

Diseño e impresión
Departamento de
Comunicación Gráfica



Editorial



La ciencia, la tecnología y el compromiso social hacen posible solventar las situaciones de los problemas en la cadena de desabastecimiento de rubros como: insumos agrícolas, alimentos, combustibles, medicinas etc., ya que los problemas generados por la guerra de Rusia y Ucrania han provocado intermitencia en las condiciones de abastecimiento mundiales. La inversión en investigación y desarrollo, ciencia, tecnología e innovación, que realicen los países, es crucial para el desarrollo sostenible en todos los ámbitos económico, salud, energético, tecnológico, logístico, humano y social. Los países ricos no invierten sus recursos económicos en investigación y desarrollo porque les sobre el dinero, sino que gracias a que invirtieron en investigación y desarrollo cuando eran países pobres, hoy son países desarrollados. El conocimiento, la educación, la investigación son activos intangibles de gran valor para las sociedades. Todos ellos hacen posible que los índices de desarrollo humano de un país sean elevados y robustos. Esto permite que los países se encuentren mejor preparados para enfrentar cualquier adversidad.

Dra. Aránzazu Berbey
Directora
Comité Editorial
Revista Prisma Tecnológico

PRISMA Tecnológico

P-ISSN 2076-8133 |
E-ISSN L 2312-637X |
Volumen 14, N.º 1 | 2023
| Edición anual

Contenido

IMPACTO

Planificación y gestión ambiental de la
cuenca del río Changuinola 3-7

ENTREVISTA

Entrevista al Dr. Dante Mossi.
Presidente del Banco Centroamericano
de Integración Económica 8-10

Entrevista a la Dra. Karem Infantas Soto.
Presidente Genraknow Asociación de
Innovadores y Emprendedores
de Base Tech 11-12

Interview with Izabela Matusz
Ambassador Delegation of the
European Union to Panama 13-14

Entrevista al Dr. Mariano Jabonero.
Secretario General Organización de
Estados Iberoamericanos
(OEI)..... 15-17

Entrevista a la Dra. Raquel Lía Chan.
Directora del del Instituto de
Agrobiotecnología del Litoral,
Argentina 18-19

Entrevista al Ing. César Penailillo.
Vocero del Business Solutions Leader
de LG Electronics 19-22

ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

Un breve análisis de la diseminación de la
información en redes informáticas a partir
de modelos epidemiológicos..... 23-3

Contenido

P-ISSN 2076-8133 |
E-ISSN L 2312-637X |
Volumen 14, N.º 1 | 2023
| Edición anual

Ganadería de precisión, una revisión de los avances de la avicultura enfocadas a la crianza de pollos de engorde 38-48

TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

ABI: Una aplicación móvil para consultar y reportar medidas de bioseguridad por COVID-19 en Panamá 49-54

Innovación social: construyendo las bases para un Desarrollo comunitario sostenible. Caso Universidad Tecnológica de Panamá 55-63

Desarrollo de un estudio de mercado en la provincia de Panamá sobre la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado..... 64-77

TECNOLOGÍA I+D

Comparación y análisis de eficiencias de puertos panameños y puertos cercanos al Canal de Panamá a través del Análisis Envoltante de Datos 78-86

Simulación de datos de un exoesqueleto en tareas de rehabilitación para miembros superiores..... 87-93

TECNO HISTORIA

Dra. Rosa María Britton, panameña, altruista, científica, médico-oncóloga y escritora..... 94-98

Severo Ochoa de Albornoz
Español, médico, científico, bioquímico
y biólogo molecular 99-101

José Rodríguez Labandera: Inventor, Mecánico,
Militar y Científico Ecuatoriano 102-103

GUÍA PARA AUTORES

Instructivo.....104-107



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



www.latindex.unam.mx

Planificación y gestión ambiental de la cuenca del río Changuinola.

Jeffrey Ramos 

Universidad Tecnológica de Panamá, Provincia de Bocas del Toro, República de Panamá. Centro Regional de Bocas del Toro.

Jeffrey.ramos@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3491



Resumen: *En la actualidad, unas de las dificultades que presenta el ambiente es el crecimiento continuo de las actividades antropogénicas, y sus efectos nos manifiestan un evidente riesgo de un grave deterioro ambiental, al que habrá que enfrentarse buscando los medios para mantener y desarrollar un enfoque equilibrado, elaborando planificaciones y gestionando políticas para un desarrollo sostenible. Por lo antes mencionado, se ha realizado una propuesta de planificación y gestión de los recursos naturales dentro del polígono de la cuenca del río Changuinola, y así diferenciar las áreas para una ordenación adecuada de los recursos naturales, ya que el desarrollo de actividades antropogénicas en zonas rurales modifica el espacio geográfico y origina una alteración del medio natural. La disminución de la cobertura boscosa y la degradación de los recursos naturales. Esta planificación se basa en una valoración de los recursos naturales que tiene la cuenca del río Changuinola, una de las principales de la provincia de Bocas del Toro. Esta investigación integró factores biofísicos de la cuenca. La metodología constó de recopilación de información, análisis del suelo actual y propuesta de una planificación y gestión ambiental. Entre los productos obtenidos, está la ubicación espacial de la información biofísica, el análisis de conflicto del uso de la tierra, las potencialidades que hay dentro del área, además una propuesta de iniciativa para el manejo del polígono de la cuenca. Se recomienda compartir la propuesta de planificación y gestión ambiental con los usuarios locales para contribuir al uso sostenible de los recursos dentro de la zona.*

Palabras claves: Cuenas Hidrográficas, Gestión Ambiental, Planificación, Recursos Naturales.

Title: Environmental planning and management of the Changuinola river basin.

Abstract: At present, one of the difficulties presented by the environment is the continuous growth of anthropogenic activities, and its effects manifest a clear risk of serious environmental deterioration, which will have to be tackled by finding the means to maintain and develop a balanced approach, by planning and managing policies for sustainable development. Therefore, a proposal for planning and management of natural resources has

been made within the polygon of the Changuinola River basin, and thus differentiate the areas for proper management of natural resources, since the development of anthropogenic activities in rural areas modifies the geographical space and causes an alteration of the natural environment. Reduction of forest cover and degradation of natural resources. This planning is based on an assessment of the Natural Resources of the Changuinola River basin, one of the main in the province of Bocas del Toro. This research integrated biophysical factors of the basin. The methodology consisted of data collection, current soil analysis and proposed environmental planning and management. Among the products obtained, there is the spatial location of biophysical information, the analysis of land use conflict, the potential that exists within the area through a SWOT analysis, and a proposal for an initiative for the management of the basin polygon. It is recommended to share the environmental planning and management proposal with local users to contribute to the sustainable use of resources within the area.

Key words: Watersheds, Environmental Management, Planning, Natural Resources.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 10 de marzo de 2022.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

La investigación presenta resultados de una planificación y gestión ambiental de recursos naturales para el área de la parte baja del polígono de la cuenca hidrográfica del río Changuinola. Se constituye en un insumo base por excelencia para los procesos de ordenamiento y acondicionamiento territorial, con el objetivo de armonizar las actividades con el medio ambiente garantizando procesos sostenibles y sustentables; es decir, que las futuras generaciones puedan tener el privilegio de gozar de los bienes y servicios ambientales que los ecosistemas están produciendo en la actualidad dentro del área. [1]

El programa multifase de desarrollo sostenible de Bocas del Toro (2008), establece que: del análisis de los usos actuales y potenciales del territorio continental y marino, así como de los conflictos de uso existentes, se infiere la necesidad de establecer un conjunto de directrices estratégicas para el desarrollo de la provincia, entre estas una planificación y un plan de ordenamiento territorial [2].

Las cuencas hidrográficas son áreas físico-geográficas que se delimitan por líneas divisorias de aguas superficiales y subterráneas que desembocan en una red natural mediante vertientes que confluyen, a su vez, en un río principal o, directamente al mar [3].

La contaminación ambiental, la disminución de la biodiversidad y la deforestación que realiza el ser humano han ocasionado degradación de los recursos naturales que cada día se ven más vulnerables debido a la actividad y establecimiento de las poblaciones humanas que ocasionan cambios en el estado en cuanto a la calidad, cantidad y disponibilidad de esta [4].

La planificación y gestión ambiental comprende el estudio de diversas variables entre estas el uso de suelo, la capacidad agrológica del suelo, la divergencia de uso de la tierra y la fisiografía [5]. La elaboración conlleva un análisis integral que permite identificar las áreas críticas que deben someterse a un proceso de restauración y aquellas que pueden ser aprovechadas de manera sostenible. La característica principal es determinar cómo se debe utilizar, de la mejor manera los espacios del territorio entre quienes lo habitan y lo que ofrece la naturaleza [6].

El desarrollo de actividades inadecuadas dentro del área, ocasionan un deterioro ambiental y cambios drásticos en la parte baja de la cuenca del río Changuinola, por lo que, se realizó esta investigación que pretende dar a conocer el estado del área de la cuenca y tener una proyección sostenible hacia las generaciones futuras para un aprovechamiento integral eficiente de los recursos ambientales, ya que con frecuencia no se utilizan los espacios lo más racionalmente [7].

Unas de las principales pérdidas de biodiversidad incluyen el factor de baja carencia a nivel institucional para planificar, monitorear o administrar programas para la conservación [8].

Existe un régimen para el manejo, protección y conservación de las cuencas de la República de Panamá, cuyo objetivo es garantizar el desarrollo sostenible y asegurar a los recursos naturales a las generaciones futuras con fundamentos mediante una planificación de cuencas hidrográficas [9].

En la planificación y gestión también se pretende lograr el aprovechamiento del medio sin comprometer la integridad del ambiente que facilitará el manejo adecuado de los recursos naturales. Los resultados se derivan de los análisis de conflicto de uso de las tierras y se estableció una prognosis para el año 2035, si no se realiza nada dentro del área de la parte baja de la cuenca.

El objetivo de este artículo es presentar una prognosis para una planificación y gestión de los recursos naturales de la cuenca del río Changuinola para el año 2035.

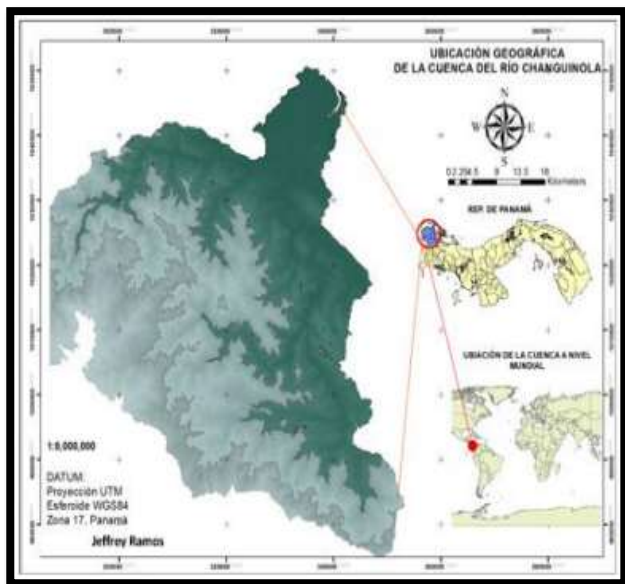


Figura 1. Posición geográfica de la cuenca del río Changuinola.

2. Materiales y métodos

Según la intervención del investigador, la investigación es observacional, descriptiva y exploratoria. Los datos reflejan la evolución natural de los eventos ajenos a la voluntad del investigador, en los estudios experimentales solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos [10].

La metodología propuesta se basó en técnicas documentales y observacionales, la información se digitalizó con el fin de lograr una base cartográfica a través de la técnica SIG (Sistema de información geográfica). En la figura 2, se presenta el diseño de la cartografía para la planificación y gestión de la cuenca con los siguientes estudios:

Caracterización del medio físico: Se realizó a través de recopilación de datos generados a partir del SIG y de la base de datos del Instituto cartográfico Tommy Guardia [11].

Altimetría: Se utilizó la técnica del modelo digital de elevación, elaborado a través de la digitalización de las curvas de nivel, empleando para ello la imagen satelital orto rectificadas Landsat TM 7, resolución 30x30 metros, validado con la hoja topográfica escala 1: 50,000. Los modelos digitales de elevación son productos geométricos esenciales en el estudio, manejo y administración del territorio [12].

Pendiente: Los resultados del modelo digital de elevación se deberán introducir al ArcGIS para luego transformarlos en pendientes altimétricos en porcentajes.

Capacidad agrológica: Para la obtención de esta información, se utilizó la metodología desarrollada por The National Resources Conservation Service del US Department of Agriculture, consiste en un sistema de clasificación de la capacidad de uso agrológica de suelos que ha tenido una amplia aceptación mundial. En este sistema de clasificación, se separan los suelos, según sus características específicas, en ocho clases agrológicas que se identificaron con números romanos del I a VIII. [13].

Red hídrica: Se obtuvo la distribución de la red hídrica a través de la foto interpretación de imagen satelital Landsat TM resolución 30X30 metros.

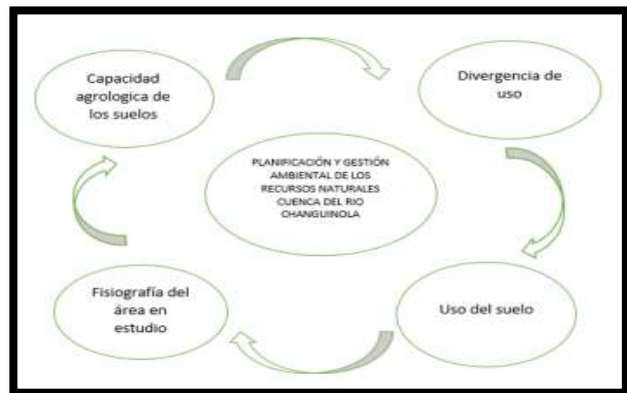


Figura 2. Diseño de la cartografía para la planificación y gestión ambiental de recursos naturales en la parte baja de la cuenca del río Changuinola.

Temperatura y precipitación: La información de la temperatura y precipitación se obtuvo de las estaciones meteorológicas de ETESA, estas serán georreferenciadas para poder aplicar la técnica de interpolación [14].

Vegetación: Para el cálculo de la cantidad de hectáreas con vegetación, se empleó la metodología fotogramétrica y teledetección, aplicando el índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI). Este índice aprovecha el contraste de las características de dos bandas de un dataset raster multispectral: las observaciones de pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad del material de las plantas.

La cartografía antes mencionada, será inducida al software ArcGIS, para la creación de una base de datos en forma de tablas, en donde se unirán las variables, conflictos, potencial de uso, el uso actual y la fisiografía para finalmente, encontrar la prognosis que determinará cómo se encontrará la cuenca para el año 2035.

Uso del suelo: El suelo comprende dos tipos de uso: el uso actual y el uso potencial o capacidad de uso. El uso actual del suelo son todas aquellas actividades agropecuarias que se dan en el presente, el potencial es el mejor uso que se le podría dar al suelo con base a sus características generales [15].

En la cuenca del río Changuinola, se identificaron nueve (9) usos del suelo, destacándose el bosque maduro en un 88.1% y solamente 3.6% de la superficie es utilizado como uso agropecuario de subsistencia localizados en la parte baja, situación que permite afirmar que la población está realizando el uso adecuado en el área del estudio.

La distribución espacial de los usos antes mencionada, es observada en la figura 3, distribuido en la parte baja los usos agropecuarios de subsistencia, bosque inundable mixto, vegetación inundable y rastrojo. El bosque maduro se distribuye en la parte media y alta de la cuenca, igualmente se observan dos embalses, la de la hidroeléctrica Bonyic al oeste, y la hidroeléctrica AES Panamá emplazada al sur.

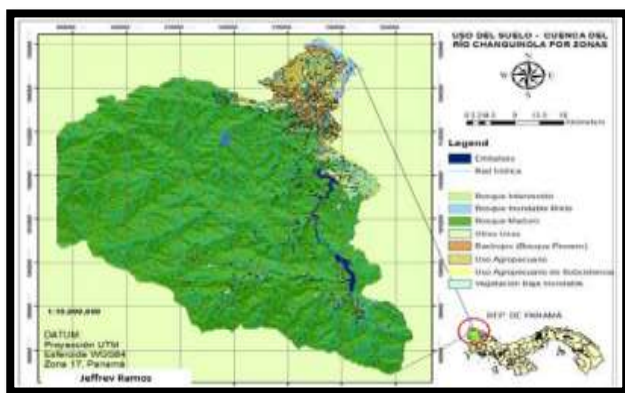


Figura 3. Distribución espacial de los usos del suelo.

El análisis FODA proporciona la información necesaria para la implementación de acciones y medidas correctivas. Algunas de las fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Análisis FODA

Fortaleza	Debilidades	Amenazas	Oportunidades
Levantamiento de información para actualización relacionada al uso del suelo.	Desarrollo de áreas de producción ganadera y agrícola en zonas de vocación forestal.	Falta de interés por parte de los productores por adoptar cambios en sus técnicas agrícolas.	Incorporar la planificación de los recursos naturales, parte baja de la cuenca del río Changuinola.
Ubicación de las Zonas de conflicto del área de la cuenca.	Las condiciones de las zonas se observan actividades antrópicas cónsonas con el uso del suelo.	Deterioro de las Zonas de conservación.	Planes de manejo sostenible, para la conservación de áreas aledañas a la cuenca hidrográfica.

3. Resultados y discusión

En cuanto a los resultados se observa que el 90% presenta un uso adecuado, es decir, un equilibrio entre uso actual y uso potencial. En subuso se encuentra una significativa proporción el 8%, mientras que el sobre uso se encuentra el 6%. En el resto del área (3.61%) no son aplicables los criterios de conflictos de uso.

La zona subutilizada afecta sobre todo las áreas aptas para sistemas forestales protectores (FPR) y las áreas para la conservación y/o recuperación de la naturaleza declaradas por ley como Parque Internacional la Amistad y el bosque protector Palo Seco, localizados preferencialmente en las zonas de mayor pendiente de las laderas medias y altas de la cuenca, área considerada de mucho valor ecológico a nivel nacional e internacional.

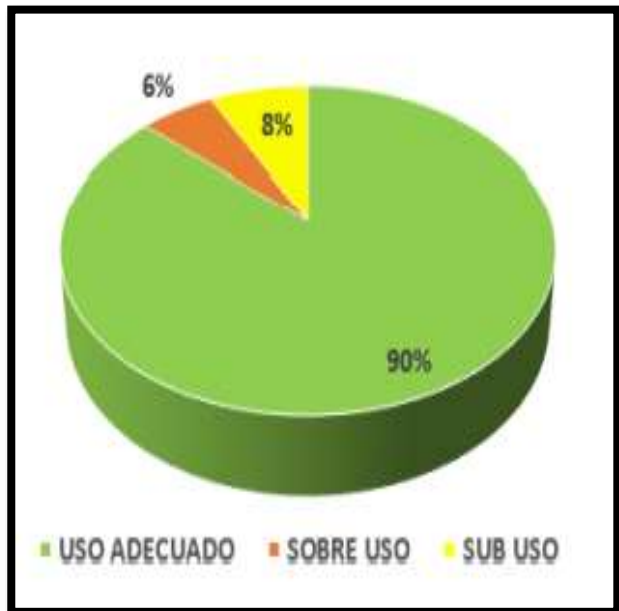


Figura 4. Conflicto de uso del suelo en la cuenca del río Changuinola.

En la distribución espacial de las zonas conflictivas que se observa en la figura 5. Se destacan las áreas subutilizadas, preferentemente en la parte alta, mientras que las zonas sobre utilizadas se localizan en la parte media. En la parte baja y el resto de la cuenca se observan actividades antrópicas cónsonas con el uso del suelo.

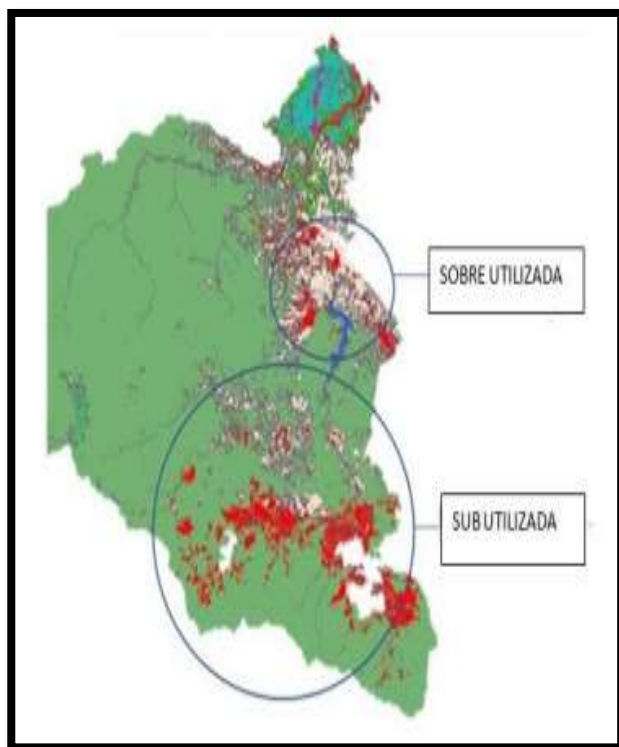


Figura 5. Conflicto de uso del suelo en la cuenca del río Changuinola.

Prognosis de la cuenca del Río Changuinola.

La metodología empleada fue basada en la técnica de los escenarios; ahora bien, es importante aclarar que los escenarios son "historias posibles, creíbles, consistentes y retadoras sobre el futuro, con igual posibilidad de que ocurran" no son predicciones sino historias sobre cómo pudiera ser el futuro. [16]. El valor de los escenarios no está en lo que puedan ser por sí mismo, sino en la posibilidad de que sean internalizados por una organización, en este caso por los habitantes que se encuentran dentro de la cuenca, convirtiéndose en una herramienta de aprendizaje para la comunidad.

Si no se realiza ninguna planificación para el año 2035, se percibe una disminución de la zona boscosa producto del aumento de la actividad ganadera y agrícola de subsistencia dentro del área de estudio.

Las zonas caracterizadas como subutilizada aumentarán de un 8% a un 25% para el año 2035, destacadas como uso agrícola y ganadería de subsistencia. Cuando la capacidad agrológica refleja que estas áreas se clasifican como tipo VII y VIII las cuales son de conservación de reserva y están precisamente ubicadas en el Parque Internacional la Amistad y el Bosque Protector Palo Seco, estas estarían en riesgo de ser deforestadas algunas partes por el avance de las áreas agrícolas y ganaderas.

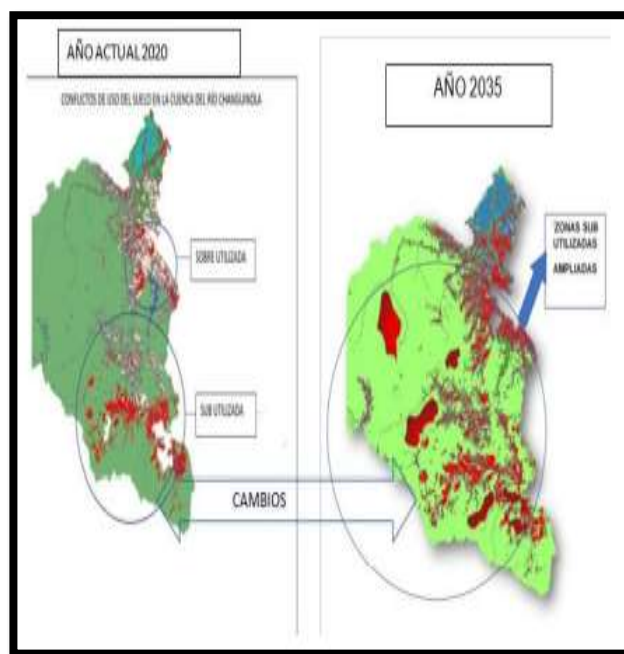


Figura 6. Comparación entre las zonas de conflicto actual y futura (2035) cuenca del río Changuinola.

Conclusión

Del presente estudio, se puede concluir que la contribución de una propuesta a la futura planificación y gestión ambiental de la cuenca del río Changuinola y comprender claramente que este es

un escenario posible para el año 2035. Se permite conocer cómo se proyectaría la cuenca en 15 años si no se realizan cambios para mejorar su estado.

Además, en el proceso de planificación se recomienda la disminución de la actividad ganadera, que garantice el mínimo impacto dentro del área. Es importante señalar que no se ha realizado una planificación o una gestión ambiental dentro de esta zona, es necesario empezar a realizar cambios amigables al ambiente con apoyo de instituciones gubernamentales que contribuyan con el buen manejo y una sostenibilidad ambiental.

El método que se utilizó en esta investigación fue el más apropiado y fácil de entender y permitió asociarlo al entorno SIG, permitiendo el trabajo con gran cantidad de datos de manera efectiva para la creación de mapas que determinaron el escenario.

Como trabajo futuro, la planificación y gestión ambiental son de vital importancia para la comunidad científica, ya que esta genera un escenario diferente y contribuye a minimizar los grandes impactos que está ocasionando el cambio climático por las actividades antropogénicas.

Se recomienda utilizar el mapa de conflicto de uso de suelo desarrollado en esta investigación para tomar medidas necesarias y así contribuir en la formulación de acciones gubernamentales para minimizar los impactos.

Referencias

- [1] C. Ruiz, «Propuesta de Modelos Predictivos en la Planificación Territorial y Evaluación de Impacto Ambiental,» 1 9 2007. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Henriquez-2/publication/28185031_Propuesta_de_modelos_predictivos_en_la_planificacion_territorial_y_evaluacion_de_impacto_ambiental/links/606f95bd92851c8a7bb2dd4f/Propuesta-de-modelos-predictivos-en-la-planifi. [Último acceso: 2 8 2021].
- [2] G. Nacional, «Estrategia de desarrollo sostenible Bocas del Toro,» 5 10 2008. [En línea]. Available: <https://studylib.es/doc/7294021/plan-indicativo-de-ordenamiento-territorial-funcional>. [Último acceso: 2 10 2021].
- [3] J. L. R. López, «Alternativa de manejo sustentable de la subcuenca del río Pitura,» 2 4 2015. [En línea]. Available: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/49801/Document_o_completo.pdf-PDFA-U.pdf?sequence=3&isAllowed=y. [Último acceso: 12 10 2021].
- [4] M. A. Miñón, «Hacia una economía sostenible: interpretación, teorías e indicadores de desarrollo sostenible,» 8 11 2012. [En línea]. Available: <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/9010/Hacia%20una%20econom%c3%ada%20sostenible%20CIUDAD%20Y%20TERRITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 3 10 2021].
- [5] I. Mantilla, «Planificación del sistema de gestión ambiental para la central de abastos de Bucaramanga,» 6 5 2008. [En línea]. Available: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/192/digital_15840.pdf?sequence=1. [Último acceso: 29 10 2021].
- [6] G. Vargas, «Espacio y Territorio en el análisis geográfico,» 24 1 2012. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/jeffr/Downloads/Dialnet-EspacioYTerritorioEnElAnálisisGeografico-4796021.pdf>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [7] F. Vargas, «La Cuenca Hidrográfica Como Unidad de Planificación Sostenible,» 6 5 2014. [En línea]. Available: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63234834/La_cuenca_como_unidad_de_planificacion_sostenible20200507-4045-jw8fgp-libre.pdf?1588908648=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLa_cuenca_hidrografica_como_unidad_de_pl.pdf&Expires=1669220007&S. [Último acceso: 8 5 2021].
- [8] M. Mora y T. Ramirez, «Propuesta de Zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blancos y Cuipilapa, Bagaces, Costa Rica,» 5 6 2013. [En línea]. Available: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/xmlui/handle/123456789/2056>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [9] A. Lejislativa, «Manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá,» 5 8 2002. [En línea]. Available: <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/44-de-2002-aug-8-2002.pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [10] H. Sampieri, «Metodología de la Investigación Sexta Edición,» 3 5 2014. [En línea]. Available: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>. [Último acceso: 4 10 2021].
- [11] I. T. Guardia, «Cartografía,» 10 25 2021. [En línea]. Available: <https://ignpanama.anati.gob.pa/index.php?start=3>. [Último acceso: 10 5 2021].
- [12] C. Mena, «Generalización de modelos digitales de elevación condicionadas por puntos críticos de terreno,» 5 9 2011. [En línea]. Available: <https://www.scielo.br/j/bcg/a/sRwFw69ZfcdgjcCHYhVv5kc/?lang=es&format=pdf>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [13] R. Tejeira, «La capacidad agrológica de los suelos en Panamá,» 3 5 2016. [En línea]. Available: <http://capacidadagrolologica.blogspot.com/2016/05/clasificacionagrolologica-o-capacidad-de.html>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [14] ETESA, «Precipitación,» 27 10 2021. [En línea]. Available: <https://www.etsa.com.pa/>. [Último acceso: 27 10 2021].
- [15] G. Vargas, «Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central,» 23 7 1992. [En línea]. Available: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/anuario/article/view/2273/2232>. [Último acceso: 28 10 2021].
- [16] Corantioquia, «Diseño de la metodología para la formulación de los planes integrales de ordenamiento y manejo de microcuencas,» 8 6 2003. [En línea]. Available: https://www.corantioquia.gov.co/ciadoc/AGUA/AIRNR_CN_3258_2001_INTRODUCCION1.pdf. [Último acceso: 28 10 2021].

Entrevista al Dr. Dante Mossi. Presidente del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

Mgter. Aris Castillo¹ , Dra. Aránzazu Berbey
Álvarez² 

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, República de Panamá.

¹Directora de Relaciones Internacionales / ²Vicerrectoría Académica
aris.castillo@utp.ac.pa; aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3755



El Dr. Dante Mossi, posee un Doctorado en Economía con especialización en Finanzas Públicas de la Universidad de Vanderbilt (Estados Unidos de América), donde escribió su disertación doctoral sobre impuestos óptimos y mercados informales. Mossi tiene una Maestría en Economía con especialización en Econometría de la Universidad de Duke y es graduado de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Como el mejor estudiante graduado de su año, ganó la medalla de oro. A partir del 1 de diciembre de 2018, el Dr. Mossi de nacionalidad hondureña, desempeña el cargo de presidente ejecutivo del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). Es la máxima autoridad de la Administración Superior y el representante legal de la institución. El Dr. Mossi recibió el reconocimiento de la Comisión Trinacional del Plan Trifinio por su aporte a la construcción del Plan Maestro Participativo de la Región Trifinio y su contribución al desarrollo de países de la región en el año 2022. En su carrera de desarrollo internacional de 15 años en el Banco Mundial, trabajó en oficinas de país en Honduras, Ghana, Paraguay y en la sede en Washington, DC. Ingresó al Banco Mundial en 2003 y fue economista de país en la oficina del Banco Mundial en Honduras hasta 2006. Mossi fue elevado al cargo de jefe de operaciones en Tegucigalpa hasta 2010. Como oficial de operaciones de país en Accra, Ghana, coordinó varias carteras de proyectos, estrategias de asistencia e innovaciones en asociaciones público-privadas municipales. Se convirtió en representante residente del Banco Mundial en Asunción, Paraguay en 2013 y coordinó programas de proyectos y asistencia técnica, mejorando el diálogo con otras agencias multilaterales dentro del Grupo del Banco Mundial, como IFC y MIGA. De 2016 a 2018, Mossi fue oficial principal de operaciones en Global Energy Practice - África en Washington, DC.



Figura 1. Dr. Dante Mossi. Presidente del BCIE.

El BCIE es una institución fuertemente comprometida con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), la equidad de género y la reducción de la pobreza de los países miembros. ¿Qué diagnóstico general nos puede compartir sobre el estado general en relación con el avance en el cumplimiento de los ODS de los países miembros del BCIE?

Los ODS constituyen un compromiso para poner fin a la pobreza, promover el desarrollo sostenible y el crecimiento económico inclusivo, combatiendo las desigualdades y protegiendo el medio ambiente. La visión del BCIE está alineada con estos objetivos. El mandato de nuestro Convenio Constitutivo está relacionado con promover el desarrollo económico y social equilibrado de la región centroamericana.

Hasta 2019 los países de la región reportaron, en mayor o menor medida, algún grado de avance en la implementación de los ODS. No obstante, la pandemia del COVID-19 afectó considerablemente el bienestar de las personas, provocando un retroceso en los esfuerzos realizados en algunos de los Objetivos. La pandemia produjo interrupciones en el funcionamiento normal de los mercados, la actividad de las cadenas de suministro y el flujo de bienes esenciales.

Las desigualdades presentes en los países de la región, incluso en aquellos con un desarrollo económico más avanzado, se han acentuado debido a la pandemia del COVID-19. Además, el reciente conflicto geopolítico entre Rusia y Ucrania ha provocado incrementos en los precios de algunos productos, deteriorando el poder adquisitivo y aumentando la fragilidad de la seguridad alimentaria de la población, principalmente de la más vulnerable. Por su parte, el cambio climático presenta nuevos desafíos ante el incremento en la cantidad y severidad de los fenómenos naturales.

A manera de ejemplo, con relación al ODS de “Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos”, los ocho países regionales miembros del BCIE presentaron en 2020 una reducción anual en su PIB per cápita, las cuales oscilaron entre -3.1% (Nicaragua) y -19.2% (Panamá); asimismo, la proporción de jóvenes que no trabajan ni estudian aumentó 12.9 p.p. en República Dominicana (24.7% en 2019). Por otra parte, con respecto al ODS de “Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, Honduras, Guatemala y Costa Rica reportaron en 2020 un incremento en el número de muertes y personas desaparecidas atribuidas a desastres naturales.

En resumen, se está progresando en el logro de los Objetivos, pero los recientes acontecimientos han impuesto nuevos retos a la región para alcanzar la meta deseada.

¿Qué acciones prácticas nos puede sugerir para que distintos actores sociales, los medios de comunicación, la empresa privada, universidades, centros de investigación, fundaciones, las ONGs, los gobiernos y los ciudadanos contribuyan y refuercen el cumplimiento de los ODS para los países de la región?

Todos podemos contribuir de una u otra forma al logro de los Objetivos. En el caso de los medios de comunicación, estos juegan un papel fundamental en socializar y concientizar sobre qué son los ODS y porqué es importante alcanzarlos. Por su parte, las universidades y centros de investigación pueden contribuir con la elaboración de estudios e investigaciones que deriven en propuestas concretas para el logro de los Objetivos.

La sociedad civil, incluyendo fundaciones, ONGs y sector privado, pueden generar movimientos que impulsen las transformaciones necesarias, alertando a los tomadores de decisiones sobre aquellas acciones que generan retrocesos y sugiriendo medidas para alcanzar a los sectores más rezagados.

Los gobiernos, aprovechando su rol de liderazgo, deben proponer políticas que permitan alcanzar los ODS, realizando ajustes y destinando los recursos necesarios en sus respectivos países. Además, es importante que fomenten la coordinación y alianzas con el resto de los países de la región (ODS 17), impulsando proyectos de integración regional cruciales para que

la región alcance un mayor desarrollo (ferrocarril centroamericano, corredor logístico con puertos y aeropuertos vinculados), mientras se cautela la huella ambiental de las intervenciones mediante la transformación de la matriz energética (ODS 7) y el desarrollo de las condiciones para migrar en un futuro al transporte eléctrico (ODS 13).

Las instituciones financieras internacionales, en particular el BCIE, apoyamos a la región centroamericana aumentando el acceso a financiamiento en condiciones favorables para la implementación de medidas dirigidas al desarrollo y crecimiento inclusivo a través de:

- Proyectos de infraestructura productiva (carreteras, puertos, aeropuertos) y social (agua potable, saneamiento, energía eléctrica, educación y salud) (ODS 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9).
- Financiamiento para capital de trabajo a MIPYMES lideradas por mujeres (ODS 5).
- Promoción de políticas de desarrollo que procuren tomar acciones para reducir el impacto del cambio climático (ODS 13).
- Financiamiento de iniciativas que fomenten la calidad, oportunidad y fiabilidad de los datos. En esta línea apoyamos al Centro Regional de Asistencia Técnica del FMI, el cual impulsa los estándares internacionales y armonización de las estadísticas en la región centroamericana; esta tarea es fundamental para elaborar indicadores que permitan medir los progresos en materia de desarrollo sostenible (ODS 17).

Por todo lo anterior, en las conclusiones acordadas en la quinta Reunión del Foro de los países de América Latina y el Caribe sobre el desarrollo sostenible de marzo 2022, se reconoció que la lucha contra la desigualdad requiere aumentar la inversión en servicios sociales y ampliar las oportunidades económicas, a través de una alianza entre los gobiernos, autoridades nacionales y locales, sector privado, sistema financiero internacional, sociedad civil, sector académico y otras partes interesadas pertinentes, para que mediante una labor conjunta y en consonancia con los planes y políticas nacionales, se cumpla la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Por último, es importante mencionar que las Naciones Unidas sugieren una serie de acciones individuales para contribuir al logro de los Objetivos, las cuales pueden encontrarse en su página web. Entre estas acciones se encuentran implementar el reciclaje en casa, apoyar a los agricultores locales comprando productos en los mercados agrícolas, compartir destrezas con aquellos que las necesitan, fomentar el ahorro de energía y agua en el hogar, comenzar en casa con la igualdad de género, entre muchas otras. Todo esto como un reconocimiento a que cada uno de nosotros puede ser parte de la solución.

El BCIE cuenta con un sistema de responsabilidad social y ambiental corporativa, código de ética, estándares de desempeño y comportamiento como herramienta para el

desarrollo social y económico de los países miembros. En general, las instituciones de educación superior tenemos la misión de generar ciudadanos que generen, transfieran e implementen conocimiento para el desarrollo de nuestras sociedades. ¿Qué estrategias y recomendaciones pudiese ofrecernos para fortalecer los planes de estudios de las carreras universitarias de los países de la región en materia de responsabilidad social y ambiental?

Por medio de nuestra Política Ambiental y Social nos comprometemos a la adopción de lineamientos que garanticen la adecuada gestión ambiental y social de nuestras operaciones. Además, el Banco busca fortalecer su compromiso y el de sus colaboradores con el medio ambiente y la comunidad, a través del Sistema de Responsabilidad Ambiental y Social Corporativa (SASC), liderado por un comité interno multidisciplinario, el cual pone a las personas en el corazón de la institución. El SASC facilita la incorporación de criterios internacionales que buscan atender estratégicamente los desafíos y oportunidades en materia ambiental y social de la región centroamericana. El BCIE mantiene un fuerte compromiso con el medio ambiente y sus esfuerzos por contribuir con una región más sostenible, que lo refleja a lo interno el Banco mediante el uso eficiente de recursos de agua, energía, papel, áreas verdes, transporte, y reciclaje, entre otros. En el ámbito social el enfoque principal del BCIE son las personas, y por ello busca impulsar estrategias y actividades que promuevan su bienestar y reduzcan y mitiguen cualquier impacto negativo derivado de su operación.

Definitivamente la responsabilidad social y ambiental debe de ampliarse a todos los sectores de la sociedad y uno de los más importantes es al sector academia, ya que son los encargados de la formación de ciudadanos conscientes sobre la importancia de cuidar el medio ambiente y poder construir sociedades más equitativas.

Una de las principales recomendaciones es que se incluya en los planes de estudio de las diferentes carreras una asignación o incluir talleres capacitaciones, charlas de expertos u encuentros entre universidades sobre la temática.

Adicionalmente, la universidad podrá realizar un estudio para poder implementar a lo interno un programa de responsabilidad social que abarque las siete dimensiones que se plasman en la ISO 26000. En el ámbito ambiental se podrían regir por la norma ISO 14001 para reducir los impactos ambientales negativos de la operación diaria. Aunado a esto, podrían considerar un programa de voluntariado para que los jóvenes universitarios se involucren en el ámbito ambiental como social.

Les recomendamos contacten a la Unión de Responsabilidad Social Universitaria Latinoamericana (URSULA) <https://unionursula.org/>, la cual ha ido construyendo y consolidando como un espacio continental de encuentro, diálogo, intercambio y promoción de la gestión integral sostenible de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU) para que la educación superior se reconozca como una palanca de desarrollo humano sostenible en el marco de la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).



Figura 2. Instalaciones del BCIE

Entrevista a la Dra. Karem Infantas Soto

Presidente Generaknow Asociación de Innovadores y Emprendedores de Base Tech | Activista digital

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, República de Panamá.

Vicerrectoría Académica.

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3757



Doctorado en Ciencias de la Educación de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Magister en Educación Universitaria de la Universidad NUR. Ingeniera de Sistemas. Consultora en Innovación y Transformación Digital. Especialista en Adopción y Prospección Tecnológica. Es Investigadora Principal y Miembro del Consejo de la Academia de Ciencias de Bolivia Departamental Santa Cruz y del Santa Cruz Peace Innovation Lab del Stanford Peace Innovation Lab. Es también representante regional de la Cámara Boliviana de Tecnologías de la Información (CBTI). Se desempeña como Presidente de Generaknow Asociación de Innovadores y Emprendedores de Base Tecnológica. Activista Digital.

Según su experiencia como académica y consultora, ¿Qué diagnóstico general nos puede compartir sobre el estado general de las capacidades tecnológicas de los jóvenes latinoamericanos? ¿Qué recomendaciones prácticas nos puede ofrecer para la gestión efectiva de las instituciones de educación superior de ciencia, ingeniería y tecnología? ¿Qué estrategias recomienda para alcanzar y sostener las capacidades tecnológicas de nuestros jóvenes latinoamericanos?

Mi experiencia visitando comunidades de jóvenes en diversas ciudades de Latinoamérica es que necesitamos elevar el nivel en manejo de competencias digitales y de innovación, que incluyan el mindset digital, el pensamiento estratégico y prospectivo. Estos problemas se evidencian en la falta de talento en áreas primordiales y adicionalmente la fuga de cerebros en otras.



Figura 1. Dra. Karem Infantas Soto.

Sería ideal transversalizar estas temáticas, considerando espacios o hábitats de innovación de una manera abierta en nuestras instituciones, incentivando su incorporación a ecosistemas de innovación latinoamericanos, que fomenten la competitividad y el desarrollo real de proyectos.

Adicionalmente, es necesario incorporar los temas de investigación y la publicación a nivel de los programas de postgrado por parte del cuerpo académico, para desarrollar actividades conjuntas de la academia con el cuerpo estudiantil, trabajando en una escala de producción que incentive e integre los diferentes niveles académicos.

Sus publicaciones en researchgate, Google Scholar y su experiencia como científica evidencian un trabajo de investigación en la temática del conocimiento como bien público. ¿Cómo pueden las sociedades reconocer y distinguir el mérito de generar nuevo conocimiento, en función de ser este un activo intangible? ¿Qué estrategias propone para liberalizar este conocimiento? ¿Qué recomendaciones pudiese ofrecernos para internacionalizar aún más la divulgación científica, la diplomacia científica y la popularización de la ciencia generada por nuestras instituciones de educación superior?

Trabajando desde el enfoque sociocrítico, la perspectiva del desarrollo de la sociedad es una vertical importante que se debe seguir. Los ODS sientan las bases para el crecimiento de nuestros pueblos y, por lo tanto, este conocimiento debe ser accedido a él con estrategias de *open data* y gestión del conocimiento.

Existen una mercantilización del conocimiento, y por lo tanto, una hegemonía sobre las sociedades que tienen fuertes sistemas de investigación en ciencia y tecnología y donde las universidades liderizan estos nuevos conocimientos. En las ciudades donde no se tienen estos sistemas se perpetua el desconocimiento de los temas que son fundamentales para el desarrollo de estos. Por lo tanto, es necesario democratizar el conocimiento relacionado con los ODS y el mismo debe ser abierto y motivar a las organizaciones a suscribirse a estos movimientos.

Es necesario que se generen redes sobre los ODS y conocimientos claves, a nivel internacional que permitan la democratización y el acceso a las oportunidades a nivel internacional, en forma similar a las organizaciones como *Internet Society*, Red Clara y CYTED.

Adicionalmente, aprovechar las redes sociales de investigadores y generar una estrategia de internacionalización como por ejemplo con *research gates*, *Dialnet*, o *Scielo* para potenciar su contenido.

Como mujer académica y profesional, ¿Qué recomendaciones podría ofrecer a las jóvenes que quieran tomar carreras en el área de las STEM?. En su experiencia, ¿Cómo podría la sociedad, la familia, los medios de comunicación, la empresa privada, las ONGs y los gobiernos incentivar la participación de las mujeres en las carreras de ciencias, ingeniería y tecnología?

Me gustaría mucho que las jóvenes les den una oportunidad a las áreas STEM, que no las consideren como áreas áridas, sino como nuevos puentes para el desarrollo de la mujer a nivel de espacios de crecimiento. No solo es las ciencias exactas, sino que piense en la aplicación y el poder que podemos tener en las manos.

Los padres de familia son los llamados a generar esa comprensión del futuro de las jóvenes no en base al pasado sino en base al potencial que tenemos, más que los medios de comunicación tradicionales y obsoletos, dar espacio a la renovación buscando espacio a través del *stream* para encontrar esos nichos potenciales de talento joven como *discord* o *stream* donde tienen espacio la NASA o el metaverso con espacios en redes con la posibilidad de experimentar temas como inteligencia artificial, NFC, NFT, y todas las nuevas tecnologías que van surgiendo.

Los gobiernos locales deben tomar en sus manos el papel del desarrollo intelectual de sus ciudadanos para evitar la fuga de cerebros, no solo a nivel internacional sino también a nivel de

carreras y adicionalmente la migración a otras ciudades con mayores oportunidades.

Pero desde mi punto de vista, quienes tienen el rol más importante son las universidades, respondiendo al encargo social, y fomentar la interacción con la sociedad y la creación de conocimiento con valor dejando de lado las investigaciones que solo generen una tesis más que ir a la vitrina de alguien, elevando a sus investigadores a nivel de *influencers* y proveedores de conocimiento y poniendo en práctica sus patentes, así como seguir el ciclo del conocimiento en todas sus fases en las grandes bases de conocimiento conectadas y socializadas con *open data* y que estén conectada a las *Smart cities* y gobiernos abiertos.

Una utopía solo es una hasta que logras construirla.

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

Más que una experiencia, dado que tengo varios sombreros, me encanta la creación de ecosistemas, y recuerdo un momento muy especial, fue un antes y un después en mi visión de la investigación. Logramos traer a Mark Nelson del Stanford Peace Innovation Network, gracias a Orla de Diez, una investigadora boliviana de talla internacional. Nos sentamos a soñar ¿Cómo podíamos lograr traer Silicon Valley a Bolivia?, y tuvimos la oportunidad de tenerlo en vivo y en directo, con el apoyo del gobierno local de ese tiempo, con fondos de empresas privadas, con las puertas de las universidades públicas y privadas. Todos unimos fuerzas, aportando lo mejor de cada uno, neuronas sanas y una suma de voluntades para encontrar soluciones a problemas reales con el "*behaviour design*".

Desde ahí hemos seguido el camino uniendo esfuerzos, siguiendo los lineamientos de la teoría U de la MIT y los conocimientos de Stanford, con los conocimientos locales de los que viven los problemas, pequeños ejemplos de laboratorios que no necesitan números para demostrar que el conocimiento puede ser democratizado.



Figura 2. Generaknow apoyando a las comunidades como GDG Santa Cruz. Google Developer Group.

Interview with Izabela Matusz Ambassador Delegation of the European Union to Panama

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez¹ , Dra. Zoila
Guerra de Castillo² .

Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, República de Panamá.

¹Vicerrectoría Académica, ²Dirección de Investigación. Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión

aranzazu.berbey@utp.ac.pa; zoila.guerra@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3758



Izabela Matusz (Warsaw, 22 September 1974) is a Polish diplomat.

She serves as Ambassador of the European Union and Head of the Delegation to Panama since 1 September 2022.

She joined the Polish Foreign Service in 2002. Between 2013 and 2017, she served as Ambassador of Poland to Peru, concurrent for Bolivia and Ecuador. She also served at the Embassies of Poland in Argentina and Spain.

While at Headquarters in Warsaw, she worked in the Department of the Americas, Department of Economic Cooperation and the Cabinet of the Minister.

She holds a MA degree in Economics and International Relations from the SGH Warsaw School of Economics and a Postgraduate degree from the Center for Latin American Studies at the University of Warsaw.

What are the general lines of the EU plan about relevant aspects of higher education, science, and technology for Panama? What are the principal themes about cooperation between the EU and Panama? What is your general impression about the Panama Cooper 2030 Program?

The Delegation of the European Union to Panama has been very active in promoting Erasmus+ the European Union's flagship education and training program in Panamanian universities, as well as in encouraging Panamanian graduates to apply to our Erasmus Mundus master programs. Erasmus Mundus offers full scholarships up to 60 international students in each master program.

Copernicus is the European Union's Earth observation programme, looking at our planet and its environment. The general objective is to provide accurate, reliable, free, continuous and easily accessible information, in order to improve the management and conservation of the environment,



Figure 1. Izabela Matusz. Ambassador of the European Union to Panama.

understand and mitigate the effects of climate change and ensure civil security.

In Panama Copernicus is the key project of the EU-LAC Digital Alliance and of the "Global Gateway"; which aims to support the green and digital transition by installing a Regional Data Center in Panama. This will support the supply and use of products of the Risk Management Service for Latin America and the Caribbean region.

The BELLA Programme provides for the long-term interconnectivity needs of European and Latin American research and education communities. It is the digital highway that connects both continents with a direct 34,000 km long optic fibre cable. BELLA reached Panama in February 2022. Red Clara with universities and SENACYT are working to create the national research network in Panama, which will be the main beneficiary from BELLA.

BELLA will ensure that the required connectivity is in place for the next 25 years to meet the ever-increasing needs of research and education in the bi-regional partnership. Approximately 12,000 institutions and 65 million people are estimated to benefit from it.

Horizon Europe is the most ambitious EU programme for research and innovation with a budget of EUR 95.5 billion. The EU cooperation with Panama centres on projects with European Universities on the field of biodiversity, and the use of digital instruments like Copernicus and Galileo.

Cooperation between EU and Panama is focused on two priority areas: climate and environmental action and digital transformation.

We see 'Panama Cooperera 2030' as an inclusive and ambitious national plan for cooperation, in line with the SDGs, with the potential to generate a positive and tangible impact on the lives of Panamanian people. It is also noteworthy that through this plan Panama will formalize its status as a country offering cooperation, putting its strengths at the service of the international community.

The EU has a large list of international cooperation programs. For example, Erasmus+, Red Magallanes Smile, Horizonte Europa, EURO Clima+, EURO Social, Fondo Verde, Desarrollo Verde are known European cooperation programs. Please, share with us the progress of the Copernicus program. What will be the concret expected results about the Copernicus program in Panama?

The future regional Copernicus data centre will help address the most pressing environmental challenges. As one of the pillars of the EU-LAC Digital Alliance, it will help countries to better cope with natural hazards and disasters, mitigate climate change, protect biodiversity, and contribute to other environmental goals. This represents a huge opportunity to develop a knowledge hub on Earth Observation, and will provide opportunities in the digital economy.

Copernicus will allow Panama to increase the use of geospatial data in the formulation of policies that protect public health and the planet. Panama will assume a key role as an international partner with the European Union in the region, and will also benefit with respect to disaster prevention, preparedness and risk reduction. Activities are expected to begin during the first semester of 2023.

According to your biography you have extensive diplomatic-professional experience. Could you share with our readers some general strategies that we could perform as individuals, members of Panamanian universities and research centers to reinforce our activities of science diplomacy and scientific dissemination?

It is worth looking for partners for cooperation outside the traditional pool. The progress in science is very fast and it is worth maintaining contacts with leading research centers on different continents

Networking with researchers from European universities would strengthen a lot science diplomacy. This could be done through Horizon Europe and Euraxess webinars that either present research opportunities in Europe or bring together researchers from Europe and Latin America.

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

Before starting the mission in Panama as an EU Ambassador, I worked in the Polish Ministry of Foreign Affairs. In Peru, where I was the Ambassador, Polish universities have a very active cooperation with local universities in the field of archeology. Archeology now uses very advanced technologies and has become a very interdisciplinary science. I had the opportunity to observe closely how the most modern and advanced methods allow us to discover the secrets of ancient civilizations. It was fascinating.



Figure 2. Delegation of the European Union to Panama.

Entrevista al Dr. Mariano Jabonero. Secretario General Organización de Estados Iberoamericanos

¹Dra. Aránzazu Berbey Álvarez , ²Mgter. Aris Castillo

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, República de Panamá

¹Vicerrectoría Académica, ²Directora de Relaciones Internacionales
aranzazu.berbey@utp.ac.pa; aris.castillo@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3759



Licenciado en Filosofía y en Ciencias de la Educación por la Universidad Complutense de Madrid, con estudios de postgrado en administración e investigación educativa. Ha desempeñado diversos puestos, tanto técnicos como de alta dirección en el Ministerio de Educación español y en el sector de la cooperación internacional. Fue inspector de educación en Barcelona y Madrid y, posteriormente, ocupó puestos directivos en el Ministerio de Educación español. Ha trabajado en todos los países iberoamericanos como consultor o experto de UNESCO, PNUD, OEA y OEI. Fue profesor en la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid y es autor de numerosos artículos, conferencias y textos, especialmente referidos a la educación y a Iberoamérica. Entre 2003 y 2010 fue director general de la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Fue elegido secretario general de la OEI con el voto a favor de todos los gobiernos representados en la XIII Asamblea General de esta organización, celebrada en la ciudad de México en abril de 2018. Cuenta con numerosos reconocimientos por su dedicación a la educación y la cultura, entre ellos, la Orden de Alfonso X El Sabio. En 2021 fue nombrado Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Colombia.

La OEI es una institución internacional con cinco áreas de actuación fundamentales que son: educación, ciencia, cultura, lenguas y derechos humanos. Entre los múltiples resultados del proyecto de la OEI titulado: Universidad Iberoamérica 2030, se indica que menos del 12% de los profesores universitarios de la región son doctores, como bien indica este importante estudio esto provoca que hoy Iberoamérica no tiene capacidad investigadora suficiente como



Figura 1. Dr. Mariano Jabonero. Secretario general OEI.

para generar prosperidad y crear dinámicas de desarrollo y crecimiento alineadas con las exigencias de una economía global y del conocimiento. En el caso de la Universidad Tecnológica de Panamá este porcentaje corresponde al 13.67% (128/936) para el año 2020. La SENACYT y las universidades panameñas han impulsados durante varias décadas programas de becas para formación doctoral. Sin embargo, hay mucho camino que recorrer. ¿Qué acciones prácticas nos puede sugerir incrementar la velocidad, sin desmeritar la calidad de la formación doctoral de nuestros docentes universitarios?

El porcentaje de profesores universitarios con doctorado es muy bajo en la región, pero también el de investigadores. Sólo el 40% tiene el título de doctor. Ambas cifras son muy bajas comparadas con las de los países más desarrollados, en los que poseer el título de doctor es una condición para el inicio de la carrera académica e investigadora.

Para poner remedio a esta seria debilidad de nuestros sistemas de Educación Superior y Ciencia y Tecnología, la OEI ha puesto en marcha un programa de becas de doctorado, el

programa Paulo Freire +, que tiene una modalidad híbrida especialmente diseñada para ese gran porcentaje de profesores universitarios e investigadores que carecen de doctorado. En esta modalidad senior el beneficiario de la beca tan sólo tiene que trasladarse durante un año a la universidad iberoamericana en la que se va a doctorar, y que debe encontrarse en un país distinto al de su universidad de origen. Durante los siguientes 3 años el doctorando continuará trabajando en su tesis a distancia, cumpliendo con sus obligaciones docentes y de investigación en su universidad de origen, y tendrá la ocasión de realizar estancias anuales de 3 meses en la universidad de destino.

Las becas PF+ permiten a los investigadores de la modalidad senior compatibilizar sus obligaciones profesionales y familiares con la obtención del doctorado por una universidad de otro país iberoamericano. Este último punto es fundamental a la hora de promover la creación de redes de investigación regionales y crear capacidades en universidades que carecen de programas de doctorado o líneas de investigación en el área de interés y especialidad de los beneficiarios PF+.

Estas iniciativas han sido diseñadas y promovidas fundamentalmente por los gobiernos de la región. Sin embargo, ¿Qué recomendaciones nos puede ofrecer para involucrar a otros actores sociales como: los medios de comunicación, la empresa privada, centros de investigación privados, fundaciones, las ONGs y los ciudadanos para que contribuyan e impulsen más la formación de docentes con grado doctoral en nuestras universidades?

El programa PF+ ha sido diseñado de modo que es perfectamente compatible con los programas nacionales de becas ya existentes. Firmamos con los países para que algunas de las becas previstas en tales programas sean gestionados por la OEI y, de este modo, se incorporan al programa PF+ sin tener que comprometer nuevo gasto. Del mismo modo, el programa puede ser apoyado por empresas privadas o por las propias universidades, públicas o privadas, que decidan apostar por la calidad y por ofrecer estas becas a su profesorado. El carácter híbrido de la modalidad senior reduce el coste de la beca y supone que una universidad puede conseguir que uno de sus profesores obtenga el doctorado por menos de 30.000\$, que sería el precio total de los 4 años de beca.

Resulta importante animar a las universidades, a las empresas vinculadas a la economía del conocimiento, fundaciones y otras instituciones a que apoyen la investigación iberoamericana. En este caso desde su base, haciendo posible que crezca la nómina de investigadores iberoamericanos y apoyando a que puedan formarse y desarrollar su investigación en la región.

Desde el estallido de la pandemia apreciamos más dificultad por parte de los gobiernos a la hora de comprometer presupuesto para este programa y para la I+D en general. Es

muy probable que para estos gobiernos sería más asumible su participación en PF+ en estos momentos complicados si este esfuerzo fuera compartido con otros actores. Somos conscientes también que sería muy útil que los medios de comunicación se hicieran eco de lo relevante que es la investigación para la prosperidad de la región y nuestro bienestar, tal y como ha demostrado el COVID-19. Por ello desde la OEI trabajamos intensamente a favor de la comunicación y divulgación científica, para contribuir al reconocimiento social de la Ciencia. De hecho, el 30 de septiembre hemos realizado el gran evento de divulgación científica en la región, la Noche Iberoamericana de I@s Investigador@s, en la que han participado más de 400 investigadores de 12 países iberoamericanos y han realizado más de 200 actividades de divulgación.

La OEI ha emitido recientemente una serie de interesantes estudios clave titulados: Vidas apasionantes de mujeres iberoamericanas (2021), Impacto de las Mujeres en la Ciencia. Género y Conocimiento (2019), Impacto de las Mujeres en la Ciencia. Efecto del género en el desarrollo de la práctica científica (2018) entre otras tantas publicaciones sobre la mujer y la ciencia. ¿Qué estrategias y recomendaciones pudiese ofrecernos a instituciones como la Universidad Tecnológica de Panamá para incrementar la participación de las mujeres en las carreras universitarias de ciencias, tecnologías e ingeniería?

Uno de los objetivos de la Noche Iberoamericana de I@s Investigador@s es acercar la ciencia a los más jóvenes con el propósito de despertar vocaciones científicas. Algunas de las actividades de la Noche, además, han permitido dar visibilidad a mujeres científicas. Se han organizado una decena de actividades específicamente referidas a este tema en Guatemala, Uruguay, Costa Rica, México y Colombia.

El testimonio directo de mujeres científicas o el ejemplo de famosas investigadoras es una manera muy efectiva de combatir los prejuicios que algunas niñas puedan sentir en torno a estas materias, y descubrirles una carrera profesional que les puede resultar muy gratificante. Por eso ahora que la Noche es un proyecto consolidado en 12 países, en esos países vamos a trabajar para que a lo largo de todo el año siga habiendo actividades de divulgación. Por ello hago un llamamiento a universidades como la Tecnológica de Panamá para que organice actividades de divulgación y educación científica con los colegios del país. Y que entre esas actividades haya algunas especialmente diseñada por investigadoras para niñas que pueden ser futuras investigadoras.

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

En el año 1991, la I Cumbre Iberoamericana de jefes de Estado y de Gobierno aprobó el Programa de alfabetización y educación básica para adultos en El Salvador. Fue un programa creado como contribución al proceso de paz en medio de una guerra civil muy cruenta que se vivía en el país en ese momento y a mí se me encomendó coordinarlo. Este proyecto me cambió la vida. Llegué el 8 de enero de 1992 y el país estaba en guerra civil todavía, la ciudad entera estaba a oscuras. Me tocó diseñar el proyecto con el ejército y con la guerrilla; nos reuníamos con unos y con otros a escondidas para poder llevarlo a cabo. Empezamos en el departamento de Cabañas, un departamento históricamente ocupado por la guerrilla, y esta era la primera vez que alguien externo, del Gobierno o de la sociedad civil, entraba allí. Era palpable lo que había pasado: sufrimiento, muerte, miedo...

Al año siguiente, el proyecto ya estaba en marcha y conseguimos una reducción del analfabetismo muy importante. Algo muy llamativo fue que muchos de los maestros que participaron del proyecto fueron excombatientes que cambiaron el fusil por el pizarrón. La acogida, sin duda, fue impresionante.

El proyecto dio empleo a mucha gente y tuvo un éxito rotundo, tanto, que fue premio mundial de educación de la Unesco y llegó a replicarse en Nicaragua, Honduras, República Dominicana, Perú y Paraguay. Con este proyecto logramos alfabetizar a millones de personas, sin temor a exagerar, en unas condiciones nada fáciles, a veces viajando en helicóptero y en medio de la tragedia que supone para un país una guerra civil.

Por esto, sin duda, ha sido una experiencia profesional, educativa y vital muy importante que me marcó para siempre.



Figura 2. Instalaciones de la OEI (Sede Central).

Entrevista a la Dra. Raquel Lía Chan.

Directora del del Instituto de Agrobiotecnología del Litoral, Argentina

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, República de Panamá.

Vicerrectoría Académica.

aranzazu.berbey@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v.%i.3760



La Dra. Chan realizó sus estudios de grado en la Universidad Hebrea de Jerusalén (1981) y su Tesis Doctoral se tituló: “Estudios estructurales y funcionales de la ferredoxina-NADP oxidorreductasa y su proteína de unión de tilacoides de espinaca” en el CEFOBI (CONICET-UNR) bajo la dirección del Dr. Rubén Vallejos. La Dra. Chan obtuvo el título de Doctora de la UNR en 1988. Posterior a la realización de una estadía postdoctoral en el IBMP (Estrasburgo-Francia, 1988 -1992) la Dra. Chan se incorporó al PROMUBIE (actual IBR, Conicet-UNR) en 1993. La Dra. Chan es la líder de un grupo de trabajo que investiga los mecanismos de regulación de la expresión génica en los vegetales y en particular aquellos mediados por factores de transcripción de la familia HD-Zip I. Ella es co-autora de 98 publicaciones internacionales, nueve capítulos de libros, decenas de artículos de divulgación y co-inventora de nueve patentes internacionales, todas transferidas a empresas del área de biotecnología. Actualmente es Investigadora Superior de CONICET, Profesora Titular de la Universidad Nacional del Litoral, Directora del Instituto de Agrobiotecnología del Litoral (IAL, CONICET-UNL). La Dra. Chan fue Directora del Centro Científico Tecnológico CONICET Santa Fe (septiembre 2012-agosto 2016). Ella condujo la dirección de 16 tesis doctorales y catorce de grado; actualmente dirige cuatro tesis doctorales. La Dra. Chan ha recibido múltiples reconocimientos y premios como el de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria al Mejor proyecto en estrés abiótico en plantas, fue *Personalidad del año 2010 en Santa Fe* (diario El Litoral), Premio Jorge Sábato 2013, *Diploma al mérito en Biotecnología* otorgado por la Fundación Konex (2013) y fue seleccionada entre las diez mujeres que lideran la ciencia en América Latina por la BBC de Londres en conjunto con IANAS (Interamerican Network of Academies of Sciences, 2013), distinción de AAPRESID, distinción del Senado de la Provincia de Santa Fe (2015), distinción de la Presidenta de la Nación (2015), premio Testimonios Clarín (2016), premio Democracia de la revista Caras y Caretas (2016), Female Food



Figura 1. Dra. Raquel Lía Chan.

Hero, nominada por Crop Life International (2019), premio Ciudad de Rosario-Fundación IBR en Ciencias de la vida (2019), entre otros.

Sus publicaciones en researchgate, Google Scholar y su experiencia como científica evidencian un trabajo de investigación en las temáticas de botánica, genética vegetal, biología molecular, biotecnología, extracción del ADN vegetal, transgénicos, desarrollo vegetal, mejora de cultivos, fisiológica del estrés ambiental vegetal, entre otros temas. ¿Qué políticas públicas en materia de seguridad alimentaria recomendaría a los gobiernos de la región latinoamericana para mejorar la productividad agrícola y reforzar la seguridad alimentaria ante la amenaza del cambio climático? ¿Considera que hay suficiente conciencia de los ciudadanos latinoamericanos sobre el impacto negativo del cambio climático en la producción de alimentos en la región? ¿Qué acciones recomendaría usted a otros actores sociales como universidades, centros de investigación, ONGs, cooperativas agropecuarias, asociaciones de productores, empresas privadas para prevenir, mitigar o gestionar mejor los efectos del cambio climático en las cosechas de alimentos básicos?

La seguridad alimentaria requiere de dos cosas fundamentales: la producción de mayor cantidad de alimentos y la distribución equitativa de la riqueza. El primer punto se debería abordar con ciencia, investigación y desarrollo, pilares fundamentales sobre los cuales viene creciendo paulatinamente la producción desde los inicios de la agricultura, cuando el ser humano dejó la vida nómada que implicaba la caza y la pesca y se dedicó a cultivar. El segundo punto depende de políticas distributivas y también de la educación. Muchas familias podrían obtener una parte de sus alimentos si cultivaran pequeñas huertas, sobre todo aquellas que tienen posibilidades por contar con pequeños terrenos y algún miembro que se dedique a las tareas del hogar y no trabaje fuera de la casa. Para cumplir ese objetivo es absolutamente necesario enseñar ya que los cultivos requieren de cuidados y manejo. Los gobiernos deberían promover este tipo de actividades que por sí solas, no alcanzarían para palear todos los problemas, pero sí los mitigarían. Por otro lado, y sobre todo en los países latinoamericanos, deberían analizar y mejorar las políticas de distribución de la riqueza ya que son la causa fundamental que, aunque haya sobreproducción de alimentos, algunos ciudadanos no tengan las necesidades alimentarias mínimas satisfechas. Con respecto al cambio climático y la conciencia ciudadana, no creo que sea la mayor preocupación de la gente en nuestros países. Sí lo es de los sectores medios y altos que tienen sus necesidades básicas satisfechas, pero no de los sectores bajos, que son mayoritarios, y sus preocupaciones pasan por si llegarán o no a fin de mes.

En cuanto las recomendaciones a los distintos actores, diría que todos debemos ocuparnos de cuidar los recursos naturales, empezando por el agua que es el más valioso. El déficit hídrico sigue siendo el peor enemigo de la producción de alimentos ya que los alimentos provienen todos de las plantas. Las plantas son seres vivos y requieren de agua. La falta o déficit impacta directamente en la producción y la obtención de cultivos que sean capaces de utilizar mejor el agua debería ser uno de los objetivos primordiales de los actores nombrados. Para obtener esos cultivos mejorados es imprescindible conocer cómo las diferentes especies utilizan el agua y ese conocimiento sólo se adquiere investigando, haciendo ciencia básica. El buen uso del agua, su manejo y la educación deberían ser objetivos de todos los actores, cada uno desde sus posibilidades y abordaje.

Como científica, su currículum es un ejemplo de una trayectoria científica ejemplar ¿Qué recomendaciones podría ofrecer a las jóvenes que quieran tomar carreras en el área de las STEM?. En su experiencia, ¿Cómo podría la sociedad, la familia, los medios de comunicación, la empresa privada, las ONGs y los gobiernos incentivar la participación de las mujeres en las carreras de ciencias, ingeniería y tecnología?

Las carreras que incluyen ciencias, ingeniería y/o tecnología han sido antiguamente realizadas por hombres, sobre todo las de ingeniería. Eso ha ido cambiando paulatinamente al mismo ritmo que viene cambiando la sociedad en la que las mujeres han adquirido derechos básicos que no tenían hace un siglo.

Hoy no hay ningún impedimento para que una mujer haga una carrera científica o tecnológica. Son carreras que requieren estudios, sacrificios, dedicación y compromiso, nada que esté ligado al género como podría ser un trabajo físico. Tanto para mujeres como para cualquier otro género las exigencias serán iguales y en mi humilde entender, no hay discriminación. La única recomendación es que para hacer estas carreras hay que ser dedicado/a y comprometido/a pero sobre todas las cosas, les tiene que gustar. A la gente que le gusta la ciencia, no le resulta un sacrificio estudiar.

Creo que las diferencias de oportunidades no se dan tanto por el género como por las posibilidades económicas de las familias. Son carreras en las que es difícil compatibilizar con un trabajo por la dedicación horaria que requieren y ahí es donde pueden entrar las ONG o las universidades o cualquier otra organización becando y ayudando a quien quiera estudiar y no puede por limitaciones económicas.

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

Me costaría mucho elegir una ya que justamente, mi trabajo es lo menos rutinario que existe y está lleno de experiencias memorables. Y no sé si impacta en mi cv, creo que no, pero de una que disfruté mucho la de responder preguntas de alumnos de primaria de todo el país que concursaban con cuentos sobre científicas, o sea, sobre mujeres destacadas de la ciencia. Las conversaciones con esos niños ávidos de conocimiento, curiosos hasta la médula, fueron imperdibles. Los cuentos que escribieron me encantaron y sé que esas charlas y los premios que otorgaron los organizadores del concurso despertaron muchísimas vocaciones científicas.

Entrevista al Ing. César Penailillo. Vocero del Business Solutions Leader de LG Electronics

Armando Pinillo 

Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Panamá, República de Panamá.
armando.pinillo@utp.ac.pa
DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3761



LG Electronics, es un fabricante líder de productos comerciales y de consumo que van desde televisores, electrodomésticos, soluciones de aire acondicionado, monitores, robots de servicio, componentes automotrices y sus marcas **premium LG SIGNATURE** y **LG ThinQ** inteligente son nombres familiares en todo el mundo.

LG Electronics siempre a la vanguardia en tecnología, ya cuenta en Panamá con el Centro de Soluciones de Negocios para Latinoamérica. Esta unidad de Negocios de categoría mundial, está destinada a brindar servicios de capacitación y entrenamiento especializado en el rubro de HVAC; tanto de forma presencial, como en línea, para todos los países de Latinoamérica.

El Ing. César Penailillo, vocero del *Business Solutions Leader* de LG Electronics, con más de 10 años experiencia trabajando en diferentes países con la empresa *Trane*, una de las marcas líderes de aires acondicionados de Estados Unidos y desde el 2019 forma parte del equipo de LG, nos hablará de los avances, expectativas y convenios para el nuevo Centro de Soluciones de Negocios para Latinoamérica.

Estos 3 años de pandemia ¿Cómo han repercutido en LG Electronics? ¿Cómo lo sobrellevó y que aportes realizó para solucionarlo?

La pandemia, no sólo impactó a LG, muchas compañías sin duda se vieron afectadas, esto les obligó a repensar, a innovar a pasos agigantados y acelerar los planes diseñados para desarrollarse en periodos de 5 o 10 años, los cuales debieron ejecutarse en periodos de 1 año y 3 años.

LG específicamente se enfocó en mejorar la calidad interior para todas las personas que usan los productos, sacando por ejemplo una línea de purificadores, como también agregando esta misma tecnología de purificación en los distintos equipos que vende LG, eso desde el punto de vista del producto.

Un punto importante del cual nos percatamos durante la pandemia fue que muchas de las empresas del rubro no tenían la capacidad para producir los equipos ni en la cantidad, ni en los tiempos que se necesitaban. Sin embargo, nuestra empresa al



Figura 1. Ing. César Penailillo.

ser una compañía que administra gran parte de toda su cadena de suministro y gracias a que produce sus propios componentes, logró posicionarse en un punto que le permitió satisfacer gran parte de la demanda tanto de Panamá como de sus países vecinos.

Mucho se habla del cambio climático ¿Cómo LG Electronics, aporta para solucionar el tema en Latinoamérica y en Panamá?

El cambio climático es un fenómeno mundial que tiene varias aristas, no sólo desde la perspectiva del producto o la tecnología, tiene que ver con el compromiso de la empresa a nivel mundial de reducir sus emisiones de CO₂, en gran parte del mundo, casi toda la energía es producida aún por la quema de combustibles fósiles, y cuando entendemos esto como compañía sabemos que al reducir los consumos reducimos también la huella de carbono.

Tenemos el compromiso de reducir el consumo en todas sus plantas. El tema del calentamiento global lo trabajamos desde 2 enfoques, desde la parte educativa a través de su recién inaugurada academia y propiamente desde el producto:

A través de nuestra nueva academia, nos preocupamos de enseñar sobre las buenas prácticas de refrigeración como también de las consideraciones ambientales que se deben tener. Creemos que la educación es parte esencial para evitar esto y al mismo tiempo nuestros productos están contruidos de tal manera que se puedan evitar las fugas del refrigerante.

En ese sentido la tecnología aquí juega un papel muy importante, algunos sectores manufactureros que usan otro tipo de tecnología, por ejemplo, los micros canales que son vaporizadores y condensadores de aluminio que en su momento se utilizaron por la crisis del aumento de precio del cobre, no es la tecnología más adecuada.

LG Electronics no siguió esta tendencia, por eso es que la durabilidad de nuestros componentes que retienen el refrigerante son mucho mayores y al mismo tiempo se ha desarrollado algoritmos en sus equipos de VRF comerciales (Caudal de Refrigerante Variable) y también en otros equipos como Rooftop (Equipo de climatización de dimensiones compactas) en donde al detectar una baja de presión en su línea de refrigerante, inicia una secuencia de recuperación de esta sustancia que nos ayuda a recuperar gran parte de ella en la línea que está sellando la atmósfera.

En nuestra compañía, como en la industria en general, nos guiamos por los protocolos de Kioto donde ya tenemos que iniciar el cambio de refrigerante de los HCF a los HFO (refrigerantes de nueva generación), donde ya en los países de Europa y en Corea hemos hecho ciertas migraciones y así sucesivamente estaremos cambiando lo que viene siendo el equipo. Estas serían las formas como estamos abordando el tema del cambio climático a nivel mundial, a nivel de Latinoamérica y también de Panamá, con nuestra academia de la enseñanza y con los materiales utilizados para construir nuestros equipos.



Figura 2. Sistemas de refrigeración.

¿Por qué crear un Centro de Soluciones de Negocios en Panamá y en qué consiste?

Panamá por su posición geográfica brinda una ventaja, no sólo para esta empresa, sino para muchas otras, ya que es considerado un centro de reunión que nos permite estar en pocas horas en un punto común, es decir, este país se ha transformado en un punto de referencia para toda Latinoamérica.

En cuanto al Centro de Soluciones de Negocios su finalidad es básicamente continuar con nuestro modelo de negocio y seguir entregando a nuestros clientes el conocimiento necesario en lo que a tecnologías de aire acondicionado se refiere.

Nosotros creemos que entre más personas estén capacitadas y comprendan la tecnología que traemos al mercado, más gente querrá adquirir nuestros productos. En la medida que menos gente conozca lo que nos diferencia de otras marcas, menos demanda vamos a tener o nuestros productos van a ser comparados con cualquier otra oferta que pueda ser encontrada en el mercado de Panamá.

Por lo tanto, nuestro modelo se basa en el conocimiento y creemos que este Panamá nos permite poner ese conocimiento y poder mostrar nuestra tecnología de manera más conveniente, ahorrando tiempo para los clientes que viajan, como también nos permite poner a disposición no solo de Panamá sino en casi toda Latinoamérica, las diferentes tecnologías que existen, porque muchas veces no todos los países manejan los mismos productos, pero en Panamá tratamos de asegurarnos que todos los productos con los que LG cuenta estén a disposición del mercado y los clientes los puedan ver.

Este centro en Panamá nos conviene además para educar a nuestros clientes como también para ayudar a los gobiernos a mostrar cuales son las nuevas tendencias y avances tecnológicos que se están utilizando en la industria del aire acondicionado.



Figura 3. Inauguración del Centro de Soluciones de Negocios para Latinoamérica.

¿Considera usted que en América Latina existe una fuerte brecha digital en equipos tecnológico comparado con otros países de Europa y que medidas recomienda para mitigar y lograr cerrar la brecha digital?

R/. La brecha digital no es tan grande como se piensa, en mi opinión los equipos que están disponibles tanto para Estados Unidos como para Europa están disponibles también en Latinoamérica, lo que hace que pocas personas los conozcan o estén muy interesados en ello.

A las marcas nos hace falta fortalecer la presentación de las innovaciones tecnológicas, y tomar en cuenta que cada país de Latinoamérica es un mundo.

Cada país en esta región tiene sus propias regulaciones para sistemas de aire acondicionado, el manejo y el tipo de refrigerante que quieren usar en sus máquinas, esto invita a tener una visión más amplia, y pongo en contraparte el caso de la Unión Europea donde ellos se ponen de acuerdo y por lo general todas las regulaciones funcionan por igual para todos los estados miembros.

En nuestro caso no, lo que se estila es realizar la certificación de producto que haya en Panamá, la cual no necesariamente es la de Costa Rica, ni la de Ecuador, porque no tienen que cumplir con los mismos parámetros y esto nos limita mucho, no podemos contar con equipos de manera uniforme, que sean de última tecnología, por consiguiente, pienso que al hacer su propia regulación cada país muchas veces entra intereses económicos más que el bienestar social y Panamá no está exento de eso.

Sin embargo, gracias a las innovaciones esta brecha se está acortando y creo que en la medida que nosotros concienticemos más a la población, los gobiernos van a verse obligados a mejorar sus normativas.

¿Según su criterio y experiencia, considera que Panamá con el apoyo de empresas como LG Electronics puede posesionarse como Hub de suministro a toda América en Tecnológica de sistemas de calefacción, ventilación y aires acondicionados?

La realidad es que LG ya lo está haciendo, y muchas otras compañías que ya tienen su centro de distribución para toda América Latina en Panamá también lo están aprovechando y este Hub es una de las razones por las que llegaron a posicionarse en este país.

Para otras compañías en las que trabajé este es el centro de distribución para toda América Latina porque Panamá tiene la capacidad de acceder al uso ambos océanos, sin embargo, creo que lo que hoy día perjudica un poco al país, no es la industria del aire acondicionado, la razón es que el Caribe que es una porción importante del mercado y Brasil siendo uno de los países más grandes de Latinoamérica utilizan mucho puertos como Miami por la frecuencia que se tiene de barcos desde allí además de la frecuencia que se tiene en Panamá.

Muchas veces el barco que parte de aquí tiene que llegar a Miami, entonces eso lo aleja un poco de esta zona, pero para todo el resto de Centroamérica y América del Sur exceptuando a Brasil, Panamá sin duda alguna es hoy día un Hub de tecnología de aires acondicionados.

¿En qué consiste la afiliación de LG con COPIMERA y que buscan con esta unión?

Volvemos a nuestro principio de la enseñanza continua y el seguir ampliándola a la mayor cantidad de personas posibles, los conocimientos de nuestra tecnología y los conceptos que usamos para el desarrollo de la misma. Por ello, con el Comité Nacional de la Confederación Panamericana de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines en Panamá (COPIMERA), lo que buscamos precisamente es tener ese alcance a todos los ingenieros que trabajan en distintas instituciones tanto públicas como privadas para que nos permitan expandir estos conocimientos.

Con esta unión ponemos a disposición cuando sea necesario, nuestra nueva academia y nuevo centro de negocios para que conozcan más sobre las tecnologías que se utilizan actualmente en el mercado de los aires acondicionados.

Como marca entendemos que COPIMERA es una asociación que busca precisamente entender todas estas tecnologías, esto también realizar capacitaciones sobre dichas tecnologías, esto nos permitirá que todas estas enseñanzas se vayan propagando.

La realidad es que el conocimiento en la medida que lo vamos expandiendo es exponencial, por ejemplo: nosotros capacitamos a 20 ingenieros y el objetivo es que esos ingenieros con lo que aprendieron en nuestra academia lo puedan compartir y/o explicar a tres personas más, eso ya sería una ganancia no solamente para los ingenieros, sino para la ingeniería en general de Panamá.



Figura 4. Ing. Tomás Pérez Presidente de COPIMERA Capítulo de Panamá, Sr. Luis Eom Presidente de LG Electronics Centroamérica y el Caribe, Ecuador y Venezuela.

Un breve análisis de la diseminación de la información en redes informáticas a partir de modelos epidemiológicos

Antonio Cortés¹ , María Teresa Signes Pont² 

¹Universidad de Panamá, ciudad de Panamá, República de Panamá. ²Universidad de Alicante, ciudad de Alicante, España

antonio.cortes@up.ac.pa; teresa@dtic.ua.es

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3173



Resumen: Actualmente uno de los activos más valiosos en las redes informáticas son los datos que viajan a través de los diversos nodos que componen las topologías de redes. En la mayoría de los casos, la presencia de grandes volúmenes de datos en las redes, permiten que estos se dañen debido a la alteración de la información por algún tipo de virus, malware o troyano lo que genera en una propagación de una enfermedad en la red. Ante esta situación, planteamos el uso de un modelo clásico de enfermedad infecciosa basado en SEIRS, el cual permite plantear un marco de espacio – tiempo discreto para la expansión de la enfermedad. Se consideran tres tipos de conectividad que se representan a través de una relación de vecindad para la que se utiliza una rejilla de tamaño $n \times n$. Los tipos de vecindario considerados son los de Von Neumann, Moore y L. Específicamente, el uso de reglas locales y el tipo de vecindario definen la dinámica de expansión de la enfermedad infecciosa. Luego presentamos un acercamiento a la evolución de modelos deterministas de ecuaciones diferenciales (ODE), como los modelos SIR y SEIRS para estimar los parámetros de este modelo discreto a partir de datos. Ilustramos el enfoque propuesto para los datos de las redes informáticas a partir de datos paramétricos. Más que eso, se modela con éxito, la Epidemia del SIDA en Cuba (1986-2000) y la Epidemia de la Peste bubónica en India (1908) desde nuestro enfoque. Este trabajo ayuda a graficar equivalencias entre dos modelos conceptualmente diferentes y destaca que dan resultados similares al tomar apropiadamente los valores de los parámetros.

Palabras clave: Predicción del nivel de expansión, Conectividad, Reglas locales, Tipos de vecindarios, Nodos, Redes Informáticas, Modelos Epidemiológicos, ODE.

Title: A brief analysis of the dissemination of information in computer networks from epidemiological models

Abstract: Currently one of the most valuable assets in computer

networks is the data that travels through the various nodes that make up network topologies. In most cases, the presence of large volumes of data on the networks allows them to be damaged due to the alteration of the information by some type of virus, malware, or Trojan, which generates a spread of disease in the network. Faced with this situation, we propose the use of a classical model of infectious disease based on SEIRS, which allows us to propose a discrete space-time framework for the spread of the disease. Three types of connectivity are considered that are represented through a neighborhood relationship for which a grid of size $n \times n$ is used. The types of neighborhoods considered are those of Von Neumann, Moore, and L. Specifically, the use of local rules and the type of neighborhood define the dynamics of the spread of the infectious disease. Then we present an approach to the evolution of deterministic models of differential equations (ODE), such as the SIR and SEIRS models to estimate the parameters of this discrete model from data. We illustrate the proposed approach for computer network data using parametric data. More than that, the AIDS Epidemic in Cuba (1986-2000) and the Bubonic Plague Epidemic in India (1908) are successfully modeled from our approach. This work helps to graph equivalences between two conceptually different models and highlights that they give similar results when appropriately taking the values of the parameters.

Key words: Expansion Level Prediction, Connectivity, Local Rules, Neighborhood Types, Nodes, Computer Networks, Epidemiological Models, ODE.

Tipo del artículo: análisis.

Fecha de recepción: 6 de agosto de 2021.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

La propagación de enfermedades infecciosas se basa en gran medida en modelos deterministas de ecuaciones diferenciales (ODE), lo que facilita la construcción rápida de modelos de ecuaciones diferenciales relativamente complejas en enfermedades infecciosas. Estos modelos son útiles en estudios basados en la población, pero caen cuando el número de involucrados son demasiados pequeños para que los flujos promedio sean significativos.

Considerando que la aplicación de estos modelos y sus mejoras van enfocados ahora al área informática, con malware y diseminación de la información, discretizar ciertamente se presenta como una buena opción ante la no certidumbre de contar con un volumen requerido por los modelos basados en ODE.

A su vez, estos modelos presentan dificultades para modelar situaciones en las que las características de un individuo son importantes para determinar la progresión o transmisión, ya que en estos casos se necesitan muchos estados diferentes para tener en cuenta los diferentes riesgos y la falta de homogeneidad en la población general. Por estas razones, planteamos un modelo discreto, en la cual los individuos están representados por unidades únicas (nodos) que conectadas entre sí de acuerdo con una distribución específica de vínculos y la evolución de los

vínculos en el tiempo determina la dinámica de la expansión de la enfermedad [1]-[4].

Muchos modelos epidémicos relacionados con la COVID-19 han aparecido en la literatura recientemente [52]-[54]. Por ejemplo, se desarrolló un modelo SEIR estructurado por edad, con un enfoque en el mantenimiento de los recursos de la UCI para describir la transmisión de COVID-19 en Ontario, Canadá [52]. En este otro caso, se utilizó un modelo SEIR determinista estructurado por etapas para simular el brote en Wuhan, China [53]. Por otro lado, se desarrolló un modelo SIR extendido (eSIR) con tasas de transmisión variables en el tiempo para evaluar el impacto de las medidas de intervención en Italia [54]. Sin embargo, en [55] los autores plantean un modelo para la epidemia del COVID-19 en el territorio de la República de Croacia, tomando en cuenta el número de personas infectadas, recuperados y fallecidos a partir del modelo compartimental SEIR modificado, el cual permite analizar la dinámica de expansión de la epidemia. El modelo SEIR modificado permite la predicción de la progresión de la enfermedad en el futuro cercano, al considerar parámetros de distanciamiento social y la cuarentena para personas infectadas...etc. Por otro lado, los autores esbozan en [56], el modelo epidémico SEIR para predecir el comportamiento de la transmisión de COVID-19 en Indonesia, al utilizar parámetros relacionados con la distribución de la población, tasa de curación, tasa de mortalidad, tasa de comunicación y movimiento. Se eligen varios países de Asia, Australia, Europa y América para comparar, al tomar los valores máximos de correlación en cada país. A su vez, en [57] los autores proponen un método de predicción multicapa con un modelo SEIRD que se mejora a partir de un modelo clásico SEIR. Utilizan parámetros relacionados con el efecto de las vacunas. De igual modo, en [58] se utiliza el modelo clásico de enfermedades infecciosas SEIR, en el cual se construye un modelo epidémico COVID-19 utilizando el método de dinámica del sistema. Se utilizaron parámetros relacionados con las medidas de aislamiento y medidas de protección en diferentes regiones. Así pues, en [59] los autores proponen un modelo predictivo epidémico mejorado eSEIR a partir del modelo clásico SEIR sobre la dinámica de las enfermedades infecciosas y utilizan los parámetros β y γ .

Los principales aportes del trabajo están relacionados con la definición de una parrilla de $n \times n$ celdas y por cada celda se localizan entidades como son los individuos, los nodos, los hosts...etc., lo que da lugar a una población definida. Además, cada celda en la conformación de la parrilla tiene un estado determinado, el cual define un comportamiento en un período determinado, expresado en días, semanas, generaciones, ...etc.

Por tanto, la evolución del estado de las celdas depende de la interacción entre ellas. Por otro lado, la interacción entre estas celdas se activa a partir de las reglas de actualización de tipo binario. Dadas estas reglas binarias, las celdas interactúan entre sí, lo que da lugar a un patrón de conectividad definido por una serie de tipos de vecindad, entre las que destacan las de Von Neumann, Moore y Salto de Caballo de Ajedrez. Así pues, la falta de interacción entre las celdas va a estar determinada por la unidad de tiempo seleccionado (días, semanas, generación). Bajo estas circunstancias, a partir de mecanismos establecidos para

introducir características individuales en los nodos permite construir escenarios más realistas, por ejemplo, el impacto de la resiliencia en una arquitectura de red al momento de resolver una avería en un nodo específico sin afectar el funcionamiento continuo de la transmisión de la información entre los nodos de una estructura de red. Lo anteriormente mencionado permite implementar un conglomerado de parrillas, cada una con su respectiva vecindad y reglas de actualización que permitan introducir nuevas modificaciones sobre la estructura poblacional. Después de la introducción, la sección II revisa algunos modelos epidemiológicos y sus implementaciones en muchos campos diferentes, tales como la inmunología, expansión de enfermedades infecciosas y redes informáticas. La sección III proporciona un breve análisis de los modelos SIR y SEIRS y relaciona las formas de las curvas con los valores de los parámetros ODE. La sección IV está enteramente dedicada a presentar nuestro modelo discreto alternativo. Consideramos un nuevo vecindario, el salto de caballo de ajedrez (conexión en L), además de los conocidos vecindarios de 4 vecinos (Von Neumann) y 8 vecinos (Moore). La propagación de la enfermedad modelada por reglas locales binarias que hacen frente a diferentes situaciones como Susceptible, Infectado, Recuperado, con o sin capacidad para infectar más. Aplicamos este marco al estudio de los modelos SIR y SEIRS de expansión de la enfermedad. Además, presentamos dos ejemplos del mundo real, la Epidemia de SIDA en Cuba (1986-200) y la Epidemia de la peste bubónica en la India (1908), ambas relacionadas con el modelo SIR. La sección V proporciona una discusión sobre las equivalencias entre los parámetros de nuestra propuesta y los del modelo continuo EDO. La sección VI resume y presenta algunas observaciones finales, así como nuevas ideas para mejorar los modelos como trabajo futuro.

2. Métodos y materiales

En esta sección se abordarán algunos de los trabajos planteados por diversos autores en el campo de los modelos epidemiológicos, así como los modelos epidemiológicos SIR y SEIRS en la diseminación de la información en las redes de computadoras.

2.1 Trabajo Relacionado

En 1662, Graunt fue el primer científico que intentó cuantificar las causas de muerte. Ahora se le considera como uno de los primeros expertos en epidemiología, ya que su famoso libro *Natural and Political Observations Made upon the Bills of Mortality* se refería principalmente a la salud pública (utilizó el análisis de las facturas de estadísticas semanales de muertes en el Londres moderno) [5]. En 1760, Bernoulli presentó el primer modelo de una enfermedad infecciosa [6],[7]. Estudió si la inoculación (la introducción voluntaria de una pequeña cantidad de viruela menos virulenta en el cuerpo para protegerlo contra infecciones posteriores) debe fomentarse incluso si a veces es una operación mortal. Su modelo Susceptible-Infeccioso (SI) divide la población en dos compartimentos, S (susceptible) e I (Infeccioso). En 1927, Kermack y McKendrick publicaron *A Contribution to the mathematical theory of epidemics* y obtuvieron el umbral que debe

superarse para que se produzca un brote epidémico [8]. Su modelo denominado Susceptible-Infectado-Recuperado (SIR), añade el compartimento R (Recuperado) a los dos estados iniciales S e I del modelo de Bernoulli [9]-[12]. El modelo SIR fue capaz de explicar el rápido aumento y la disminución del número de pacientes infectados observado en epidemias como las plagas (Londres 1665, Bombay 1906) y el cólera (Londres 1865).

También es adecuado para enfermedades como el sarampión, la malaria, el ébola y, más recientemente, COVID-19; sin embargo, algunas infecciones, como el resfriado común, no dan inmunización al recuperarse de la infección y las personas vuelven a ser susceptibles. Cinco años más tarde, los mismos autores presentaron una adaptación del modelo SIR, llamado modelo Susceptible-Infectado-Susceptible (SIS), para abordar las enfermedades sin inmunidad [13]-[15]. Además, varias infecciones tienen un período de incubación significativo, el individuo está infectado a pesar de que no es capaz de transmitir o manifestar síntomas. Por lo tanto, se puede agregar un estado expuesto E, a los modelos SIR y SIS, y los modelos resultantes son SEIR y SEIS, respectivamente. Otras mejoras conducen a los modelos SEIRS y SIRS, que consideran la inmunidad temporal en la recuperación de la infección (con o sin estado E, con o sin nacimientos y muertes o vacunas) [16]-[18]. Todos estos modelos han sido representados tradicionalmente por ODE y resueltos analíticamente o numéricamente. Estos modelos son adecuados para considerar un gran número de individuos y todos permiten análisis adicionales como la incertidumbre y la sensibilidad o los métodos de control para obtener soluciones biológicamente realistas [19].

El análisis de la dinámica viral muestra similitudes con los modelos epidemiológicos [20]. El enfoque estándar dominante considera las concentraciones de células destino (T), células infectadas (I) y viriones (V) y sus interacciones también son abordadas por ODE. Por lo tanto, los modelos basados en agentes (ABM) o los autómatas celulares (CA) pueden usarse debido a su capacidad para detectar información local y actuar a lo largo del tiempo de acuerdo con reglas lógicas. El poder de este enfoque radica en la aparición de un comportamiento que surge de las interacciones entre agentes [21]. Como ejemplo, la replicación viral del VHC y la formación de focos infectados se han estudiado utilizando ABM [22],[23]. En este caso, los hepatocitos se modelan como estructuras cúbicas o hexagonales distribuidas en una cuadrícula regular que representa un entorno de tejido sólido o un cultivo *in vitro* 2D. La simulación en combinación con observaciones experimentales permite obtener estimaciones para la cuantificación de procesos que no se observan directamente.

En [24], el glicosoaminoglicano (Gags) experimenta un movimiento de traslación y rotación en una superficie 2D. A cada molécula de Gag se le asigna una posición en un espacio 2D y un vector de orientación. Las restricciones que deben satisfacer las moléculas se ajustan a una cuadrícula de triángulos que interactúan con diferentes esquemas de enlace. ABM y CA implementados por 2D-grids también proporcionan buenos resultados para la transmisión de una epidemia en otros campos (informática, salud pública, etc.), ya que son capaces de abordar cuestiones cruciales como la distribución espacial, la movilidad individual, geográfica, demográfica y limitaciones migratorias. En

[25] los autores presentan un resumen detallado de los trabajos más recientes. Destacamos la referencia [26], que analiza la propagación de gusanos en los teléfonos inteligentes. El grado de propagación de los ganglios infectados y la resistencia a la infección se evalúan mediante un modelo de cuadrícula 2D. Los teléfonos inteligentes se encuentran en uno de cada cinco estados, Susceptible - Expuesto - Infectado - Diagnosticado - Recuperado (SEIDR). Este modelo incorpora la distribución espacial de la población utilizando los vecindarios de Von Neumann o Moore. En [27] considera el caso de la propagación de programas maliciosos mediante conexiones Bluetooth, que infecta los dispositivos en su proximidad, al igual que los virus biológicos. Se utiliza un modelo compartimental donde los dispositivos móviles se clasifican en cuatro tipos: Susceptibles - Portadores - Expuestos - Infecciosos (SCEI) y su dinámica se rige por un par de CA 2D. La simulación del modelo determina las condiciones para que se propague una epidemia. En [28] se presenta un modelo compartimental basado en CA para estudiar la dinámica de propagación espacio - tiempo de los gusanos Bluetooth. Se consideran las interacciones locales entre smartphones y se estudian la dinámica individual de cada dispositivo y el impacto de la movilidad de sus usuarios en la propagación de la infección. Finalmente, en [29] Mickler et al., presentan un paradigma de CA estocástico global. La medida de interacción entre las celdas es una función de la densidad de población y la distancia euclidiana, y se extiende para incluir restricciones geográficas, demográficas y migratorias. Este modelo mejora tanto el paradigma de CA tradicional como el modelo SIR clásico y facilita el despliegue óptimo de los recursos de salud pública para la prevención, control y vigilancia de enfermedades infecciosas.

2.2 Modelos compartimentales determinísticos: SIR y SEIRS

Dado que buscamos establecer un vínculo entre los comportamientos mostrados por los modelos SIR y SIS cuando son resueltos por nuestro método y por simulación ODE, primero presentamos un breve análisis empírico de los resultados de la simulación ODE.

Los autores en [42], plantean que no solo exploran el poder computacional de los autómatas celulares para modelar la propagación de la epidemia, sino que también proporcionan una vía para reducir el tiempo computacional cuando se utiliza el modelo de autómatas celulares dinámicos para la población irregular en comparación con el modelo de los autómatas celulares estáticos que se utilizan en una población homogénea.

De la misma manera [43], se describe una propuesta por aproximaciones de cierre de momento para la invasión de una epidemia de SIS en una red regular para el desarrollo de aproximaciones matemáticas manejables que pueden capturar la dinámica de poblaciones discretas estructuradas espacialmente.

Al mismo tiempo [44], se introduce un modelo matemático, basado en autómatas celulares bidimensionales, para simular enfermedades epidémicas. Cada celda representa una porción cuadrada del terreno donde se propaga la epidemia, y su estado viene dado por las fracciones de individuos susceptibles, infectados y recuperados. En [45], describe un enfoque para

modelar la propagación espacio-tiempo de la fiebre aftosa a través de animales salvajes y poblaciones de ganado sin vallas.

Usamos un modelo susceptible-infectado-recuperado, implementado en un marco de autómatas celulares, para evaluar la propagación de la fiebre aftosa en dos regiones de Queensland, Australia. Por tanto, en [46] se esboza un modelo de autómatas celulares desarrollado para estudiar la evolución de un núcleo de infectividad en varias condiciones y para dos tipos de enfermedades epidemiológicamente diferentes. En [47], se propone un modelo matemático basado en autómatas celulares en gráficos para simular la propagación de una epidemia general.

En concreto, es un modelo tipo SIR donde la población se divide en individuos susceptibles, infectados y recuperados. En [48], se propone un paradigma de autómatas celulares estocásticos global (GSCA), que incorpora interacciones geográficas y demográficas. La medida de interacción entre las celdas es una función de la densidad de población y la distancia euclidiana, y se ha ampliado para incluir limitaciones geográficas, demográficas y migratorias. Se analiza la progresión de enfermedades usando CA tradicional y SIR clásico, y GSCA exhibe un comportamiento similar al modelo SIR, usando el modelo de gravedad de los sistemas de información geográfica (GIS) para interacciones. En [49], se plantea el efecto de dos parámetros de movimiento de población sobre la propagación de la epidemia: la distancia de movimiento y el porcentaje de población que se desplaza. Además, el modelo se amplía para incluir el efecto de la vacunación de algunas partes de la población sobre la propagación de la epidemia. El modelo establece la aceleración de la propagación de la epidemia debido al incremento, del porcentaje de población en movimiento o de la distancia máxima de movimiento de población.

2.3 El modelo SIR compartimental determinista

El modelo de Kermack-McKendrick o SIR representado por un sistema de EDO se muestra mediante la ecuación (1). Aunque el sistema no tiene solución analítica, en la práctica se puede resolver numéricamente (Euler, Runge – Kutta). La velocidad a la que el huésped susceptible se infecta es un producto del número de contactos que tiene cada huésped por unidad de tiempo, r , y la probabilidad de transmisión de la infección por contacto, β . La tasa de recuperación es γ (o, en otras palabras, el período infeccioso medio es $1 / \gamma$). El tamaño total de la población es $N = S + I + R$. Este modelo es adecuado para representar la pandemia H1N1 y el sarampión [30]-[31].

$$\begin{cases} \frac{dS}{dt} = -\beta rSI \\ \frac{dI}{dt} = \beta rSI - \gamma I \\ \frac{dR}{dt} = \gamma I \end{cases} \quad (1)$$

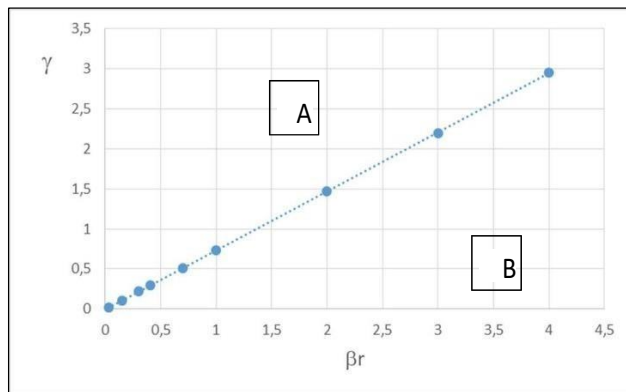


Figura 1. Ubicación de diferentes áreas, en función de los valores de γ y βr (modelo SIR).

La línea azul divide el gráfico en 3 áreas.

- $\beta r \approx 4\gamma / 3$, los valores $(\beta r, \gamma)$ que corresponden a la línea azul representan los casos en los que el número de susceptibles que disminuye y el número de recuperados que aumenta convergen al mismo valor de equilibrio, $N / 2$ y el número de infectados es muy bajo.
- $\beta r < 4\gamma / 3$ (Área A): Para los valores $(\beta r, \gamma)$ ubicados en esta área, aunque el número de susceptibles disminuye, siempre es mayor que el número de recuperados que aumenta, por lo que S y R tienen diferentes equilibrios valores. La diferencia entre estos valores de equilibrio aumenta a medida que aumenta γ .
- $\beta r > 4\gamma / 3$ (Área B): Para los valores $(\beta r, \gamma)$ ubicados en esta área, el número de susceptibles disminuye y se vuelve menor que el número de recuperados que aumenta. Esto significa que las curvas S y R se cruzan. La diferencia entre los valores de equilibrio de S y R aumenta cuando disminuye. Los parámetros βr y γ tienen efectos opuestos: cuando βr aumenta, el cruce entre S y R ocurre antes, mientras que cuando γ aumenta, el cruce ocurre más tarde.

2.4 El modelo SEIRS compartimental determinista

El modelo SEIRS es una variante del modelo SIR que añade el estado E, expuesto, en el que el individuo que porta la enfermedad se halla en el período de incubación y, por tanto, no muestra síntomas y no está en condición de infectar a otros. Esta salvedad dota al paradigma de más potencia para abordar el modelado con datos reales. Un buen ejemplo sería algunas enfermedades transmitidas por vectores como la fiebre hemorrágica del dengue, que tiene un largo tiempo de incubación cuando el individuo aún no puede transmitir el patógeno a otros. Este modelado también se ha resuelto tradicionalmente mediante un sistema de ODE y, al igual que el modelo SIR, no tiene solución analítica pero sí numérica. Este modelo es igualmente adecuado para modelar enfermedades infantiles [32]. Las ecuaciones que describen el modelo SEIR son: (2).

$$\frac{dS}{dt} = -\beta SI + \rho R \tag{2}$$

$$\frac{dE}{dt} = +\beta SI - \sigma E - \eta E$$

$$\frac{dI}{dt} = \sigma E - \gamma I$$

$$\frac{dR}{dt} = \eta E + \gamma I - \rho R$$

La población se determina mediante $N = S + E + I + R$. Además, se tiene el significado de los siguientes parámetros:

- β = tasa de contagio (paso de S a E)
- γ = tasa de recuperación (paso de I a R)
- ρ = tasa de recobrados que pierden la inmunidad temporal y vuelven a ser susceptibles (paso de R a S)
- σ = tasa de expuestos que acaban infectándose (paso de E a I)
- η = tasa de expuestos que ya no están en peligro gracias a la acción humana (paso de E a R).

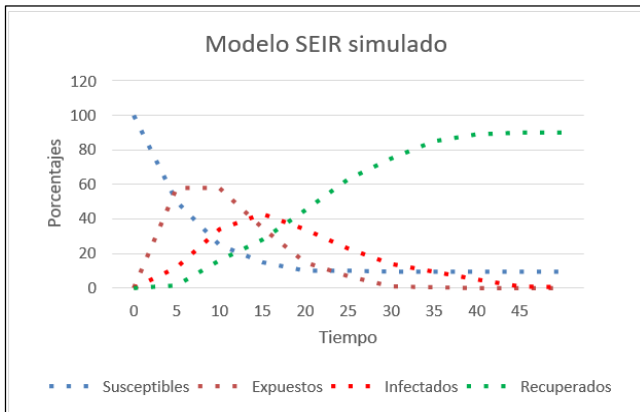


Figura 2. Simulación del modelo determinístico SEIRS.

En la figura 2, se presenta la evolución de S, E, I y R. Podemos observar que la tasa de recuperados se alcanza a partir de la generación 40 con un porcentaje de los individuos del 85%. A su vez, el grupo de individuos susceptibles alcanza su nivel más bajo a partir de la generación 23 con un 18%. Los individuos expuestos alcanzan su nivel más alto a partir de la generación 8 con un 60%. De igual modo los individuos infectados, a partir de la generación 15 alcanzan su nivel más alto con un 40%.

La aplicación del modelo SEIRS en el contexto lo podemos apreciar en [60], en donde los autores determinan hacer uso del modelo SEIR para la simulación de la transmisión dinámica del desarrollo de la epidemia en la provincia de Hubei. De igual modo en [61], los autores hacen uso del modelo SEIR para simular la infección de transmisión producida por el virus del dengue a partir

de la saliva del mosquito. Por otro lado, en [62] los autores utilizan el modelo epidemiológico SEIR junto con un modelo de respuesta de comportamiento individual que modula la tasa de contacto y que permite identificar un conjunto de dinámicas que pueden conducir a oscilaciones crecientes en el número de casos hasta que se alcanza la inmunidad colectiva.

En la figura 3, se muestra la simulación del modelo SEIR en el contexto panameño de la evolución pandémica COVID-19.

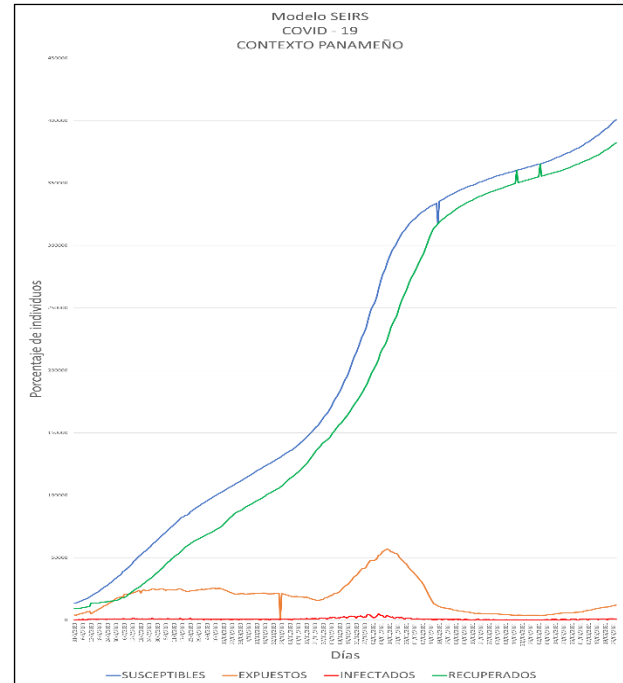


Figura 3. Modelo SEIR del COVID-19 en el contexto panameño.

En la figura 3., el grupo de susceptible y recuperados tiende a incrementarse mientras dura el proceso pandémico del COVID-19, mientras que el grupo de los individuos expuestos alcanza su umbral en el día 05/01/2021, mientras el grupo de infectados se encuentra en su nivel más bajo.

3. Metodología

Los modelos epidemiológicos y su implementación generalmente se han realizado a través de modelos compartimentales continuos donde el modelado se ha resuelto mediante ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) que proporcionan resultados precisos para grandes poblaciones [9],[14]. Estos modelos continuos consideran a la población como un todo y no pueden evaluar las interacciones locales entre individuos [35]-[37]. De manera similar, los modelos compartimentales discretos utilizan cadenas de Markov y son más adecuados para problemas pequeños [38]. Superan los inconvenientes presentados en los modelos continuos, ya que permiten representar características locales de los procesos de propagación [39],[40]. Se asume que los individuos están representados por unidades individuales que están conectadas entre sí según una distribución específica de vínculos y la

evolución de los vínculos a lo largo del tiempo determina la dinámica de propagación de la enfermedad [1],[2],[4],[7],[15], [25],[41].

3.1 Conectividad y regla local

Se consideraron tres tipos de conectividad definidos por una relación de vecindad en una cuadrícula de tamaño $n \times n$. La vecindad de Von Neumann se compone de una celda central y sus cuatro celdas adyacentes (4 vecinos, conexión horizontal y vertical). La vecindad de Moore se compone de un centro y las ocho celdas que la rodean (8 vecinos, conexión horizontal, vertical y diagonal). Finalmente, el vecindario "L", moviendo dos cuadrados horizontalmente y luego un cuadrado verticalmente, o moviendo un cuadrado horizontalmente y luego dos cuadrados verticalmente.

Sea R una regla local implementada por una operación binaria mostrada por la ecuación 3.

$$R: \{0,1\} \times \{0,1\} \rightarrow \{0,1\} \tag{3}$$

$$(x, y) \rightarrow R(x, y) = a_i$$

Sin pérdida de generalidad, establecemos:

$$R(0,0) = a_3, R(1,0) = a_2, R(0,1) = a_1 \text{ y } R(1,1) = a_0.$$

Podemos definir $2^4=16$ reglas locales diferentes. Si $m=a_3 a_2 a_1 a_0$, m es la representación de cuatro bits de un $m \in [0, 2^4-1]$.

Sea R_m una regla particular.

Como ejemplo, si consideramos $m=7$, tenemos $m=0111$, entonces los valores de R_7 son $a_3=0; a_2=1; a_1=1$ y $a_0=1$.

Tanto la regla local como el vecindario definen la dinámica de cualquier expansión de enfermedades infecciosas en poblaciones representadas por una cuadrícula. Cuando una célula infectada (valor=1) contacta con células vecinas susceptibles (valor=0), estas células se infectan y pueden infectar a otras células vecinas, $R_7(1,0) = 1$.

Se pueden modelar diferentes situaciones mediante diferentes reglas R_m .

3.2 Representación multicuadrícula

La representación de múltiples cuadrículas es útil cuando se deben modelar situaciones complejas, como combinaciones de procesos de infección / curación con sus propios retrasos, cambios en la población, como nacimientos y muertes, etc. Una columna de cuadrículas puede representar cada una de las circunstancias y la evolución temporal de todo el proceso infeccioso puede modelarse mediante una representación matricial (secuencia de columnas). Las filas modelan los diferentes procesos superpuestos y las columnas modelan la evolución temporal de estos procesos ($k+1$ generaciones).

$$G = \begin{pmatrix} G10 & \dots & |G1k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Gq0 & \dots & Gqk \end{pmatrix}$$

3.3 Aplicación al modelo SIR

En el modelo SIR, después de la infección, las personas se recuperan de su enfermedad y ya no pueden infectar ni transmitir la enfermedad porque inmunizan. Por lo tanto, debemos modelar tanto el modo de infección como el modo de curación.

- Modo de infección

La infección comienza con una célula infectada en el centro de la cuadrícula que contacta con las células vecinas.

$R_m(1,0) = 1$, una célula infectada "1" contacta con una susceptible "0", por lo que el estado de la segunda célula cambia de susceptible a infectada.

$R_m(1,1) = 1$, una célula infectada no tiene ningún efecto sobre el estado de otra célula infectada.

$R_m(0,1) = 0$, una célula susceptible o recuperada no tiene ningún efecto sobre el estado de otra célula susceptible o recuperada.

$R_m(0,0) = 0$, una célula susceptible o recuperada no tiene ningún efecto sobre el estado de otra célula susceptible o recuperada.

Por tanto, el cambio se activa cuando el valor "1" entra en contacto con el valor "0".

R_7 es la regla adecuada.

- Modo curativo

Después de un retraso fijo, las células infectadas se recuperan e inmunizan.

Definamos una nueva regla R_m de la siguiente manera:

$R_m(1,0) = 0$, una célula infectada no puede promover la infección de una célula susceptible (ni recuperada).

$R_m(1,1) = 0$, una célula infectada promueve la curación de otra célula infectada.

$R_m(0,1) = 1$, una célula susceptible o recuperada no tiene ningún efecto sobre el estado de una célula infectada.

$R_m(0,0) = 0$, una célula susceptible o recuperada no tiene ningún efecto sobre el estado de otra célula susceptible o recuperada.

Entonces, el cambio es provocado por el valor "1" que actúa sobre el valor "1".

R_2 es la regla adecuada.

Los retrasos entre S e I (resistencia a la infección) y entre I y R (duración de la enfermedad) se fijan de acuerdo con la enfermedad concreta que se va a modelar.

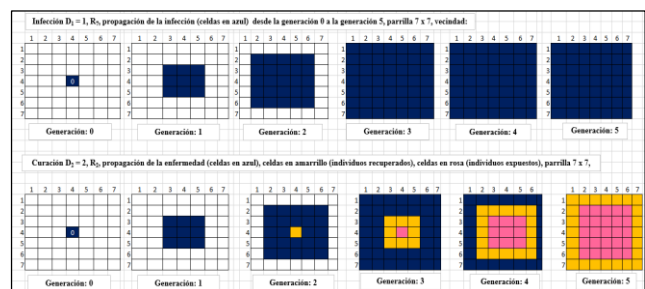


Figura 3. Propagación de la enfermedad. Etapa de infección $D_1 = 1$, R_7 y curación $D_2 = 2$, R_2 , vecindad Moore

Como ejemplo, la figura 3, representa la propagación de una enfermedad. Este ejemplo utiliza los siguientes parámetros.

- Tamaño de la población = 7 x 7 (49 nodos)
- Número de filas = 2 (infección y curación)
- Número de columnas = 5 (generaciones)
- Retraso de la infección $D_1 = 1$ generación
- Duración de la enfermedad $D_2 = 2$ generación
- Conectividad: Moore

A continuación, mostramos la propagación de la enfermedad para diferentes vecindarios, para 100 nodos o celdas. También mostramos la simulación del modelo SIR determinista (representado por la ecuación 1). Aquí las células susceptibles están en amarillo y las células infectadas y recuperadas están en blanco. El número representa la generación, en color rojo o verde, respectivamente, para comprender mejor el proceso. En cada caso mostramos una generación particular de todo el proceso.

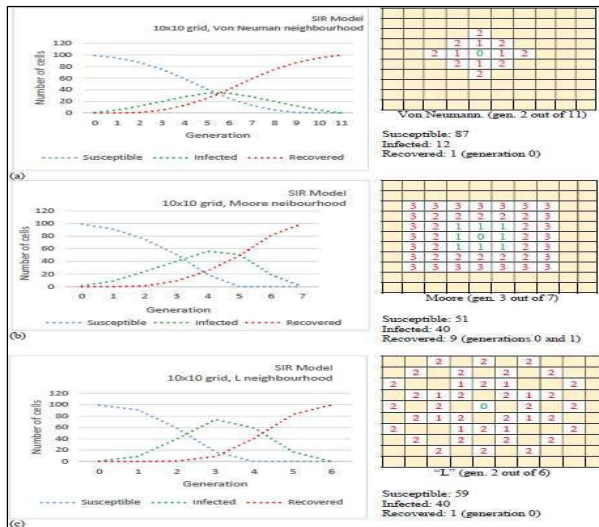


Figura 4. Comparación entre la simulación del modelo determinista SIR y nuestra propuesta (cuadrícula 10 x 10 implementada por (R_7, R_2) para los tres vecindarios). Se muestra un programa parcial de la expansión.

En la figura 4 a-b-c (nuestro modelo) podemos ver qué de los tres modelos de vecindad presentados, el vecindario L es el que tiene la mayor incidencia de infectados, seguido por el vecindario de Moore y el Von Neuman. Esta velocidad con la que se propaga la infección se debe a la interacción entre células mediante reglas de actualización binaria y qué células actúan entre sí según un patrón de conectividad determinado por un tipo de vecindad (diferentes tipos de vecindad: Von Neumann, Moore y Salto de caballo de ajedrez). También es importante tener en cuenta que cada celda se encuentra en un estado determinado (es decir, pertenece a un compartimento) en un instante de tiempo determinado (es decir, generación). La evolución del estado de las células depende de la interacción entre ellas.

4. Aplicación al modelo SEIRS

Para modelar la dinámica de SEIRS, establecemos:

$R(1,0) = a_2=1$, un nodo infectado, con valor de 1, propaga la infección a un nodo vecino expuesto, con valor de 0, por lo que este valor cambia a 1.

$R(1,1) = a_0=1$, un nodo infectado no tiene efecto sobre otro nodo infectado.

$R(0,1) = a_1=0$, un nodo recuperado promueve la curación de un nodo infectado.

$R(0,0) = a_3=0$, un nodo expuesto, recuperado o susceptible, con valor de 0, no tiene ningún efecto sobre los nodos expuestos, recuperados o susceptibles.

Entonces, la regla local adecuada para representar este caso es R_5 . También se usamos colores para discernir entre los individuos susceptibles y los expuestos, ya que las celdas de color amarillo hacen referencia a los susceptibles, el gris para los expuestos, el número, marca la generación en color rojo para los infectados y el color verde para los recuperados.

Para empezar, se establece que:

- Un nodo se recupera dos generaciones después de que haya sido infectado.
- Un nodo está expuesto cuando es vecino de un nodo infectado.
- Un nodo puede infectarse nuevamente tres generaciones después de que se haya recuperado (por haber pasado de susceptible y estar expuesto a infectado).

Estas condiciones pueden cambiar dependiendo del caso concreto tratado. A continuación, se aplica la regla R_5 a los diferentes patrones de conectividad.

a. La vecindad de Von Neumann

En la figura 5, muestra la planificación del proceso de infección de 100 nodos colocados en una rejilla de 10 x 10, donde 95 nodos son susceptibles y el que está en el centro está infectado. Los vecinos de los nodos infectados están expuestos y el resto son nodos susceptibles. El número representa la generación.

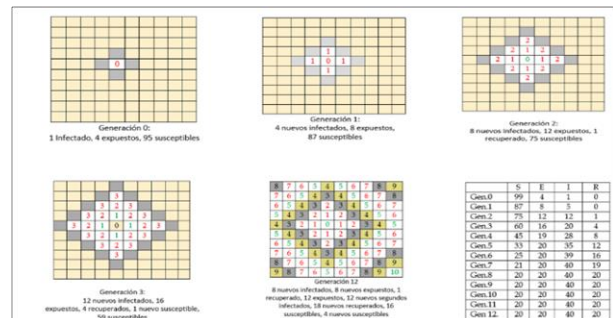


Figura 5. Propagación de la enfermedad en un modelo SEIRS, implementado por R_5 en la vecindad de Von Neumann (rejilla 10 x 10).

La figura 6, es una representación gráfica de la evolución de la propagación de la infección en el caso de la vecindad Von Neumann y la regla local R_5 ($N=100$)

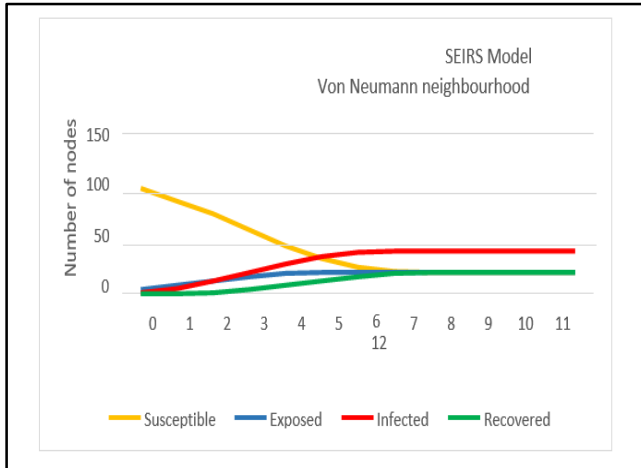


Figura 6. Evolución de la enfermedad en un modelo SEIRS, para la vecindad de Von Neumann y la regla local R_5 ($N=100$).

En la vecindad de Von Neumann, observamos un comportamiento asintótico para los gráficos S, E, I y R. El número de infectados, recuperados y expuestos aumenta y alcanza el valor de equilibrio en la generación 7; el valor de equilibrio es igual a 40 nodos (40%) para I, y 20 nodos (20%) para los otros. El número de susceptibles disminuye suavemente y el alcanza el valor de equilibrio en 40 nodos (40%), también.

b. La vecindad de Moore

La figura 7, muestra la evolución del proceso de infección de 100 nodos colocados en una cuadrícula de 10 x 10, donde 91 nodos son susceptibles y el que está en el centro está infectados. El número representa la generación.

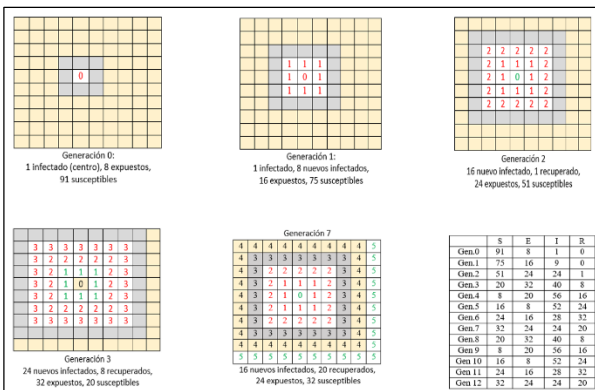


Figura 7. Propagación de la enfermedad relacionado con el estado de los nodos, para un modelo SEIRS implementado por R_5 y la vecindad de Moore (rejilla de 10 x 10)

La figura 8, es una representación gráfica de la evolución de la propagación de la infección en el caso de una vecindad de Moore y la regla local R_5 ($N=100$).

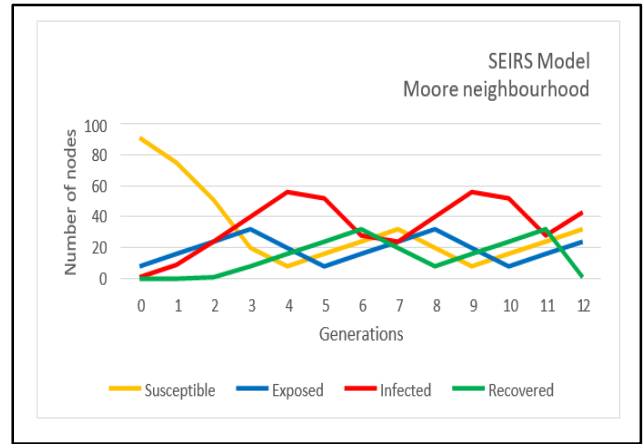


Figura 8. Evolución de la propagación de la enfermedad en el modelo SEIRS para la vecindad de Moore y la regla local R_5 ($N=100$).

Para la vecindad de Moore, observamos un comportamiento cíclico para S, E, I y R. La evolución de los susceptibles, recuperados y expuestos es muy similar, ya que exhiben oscilaciones casi en fase (la diferencia de fase entre ellos es solo una generación), con un valor promedio de 20%, una amplitud de 10% y una frecuencia de 5 generaciones. El comportamiento de los infectados tiene la misma dinámica, pero la oscilación en oposición de fase en relación con los susceptibles; el valor promedio es casi 40%, la amplitud es 18% aproximadamente y la frecuencia es de 5 generaciones.

c. La vecindad L o Salto de caballo de ajedrez

La figura 9, muestra la evolución del proceso de infección de 100 nodos colocados en una cuadrícula de 10 x 1, donde 91 nodos son susceptibles y el que está en el centro está infectado. Los L vecinos de los nodos infectados están. El número representa la generación.

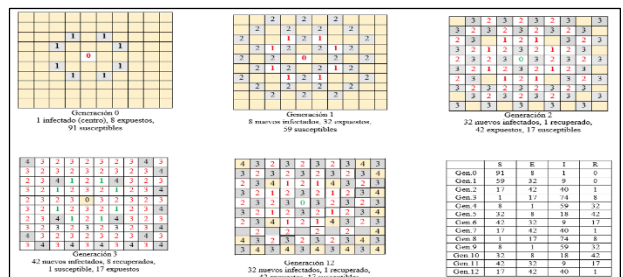


Figura 9. Propagación de la enfermedad, relacionado con el estado de los nodos, para un modelo SEIRS implementado por R_5 y la vecindad L (rejilla 10x10).

La figura 10, es una representación gráfica de la evolución de la propagación de la infección en el caso de una vecindad L y la regla local R_5 (N=100).

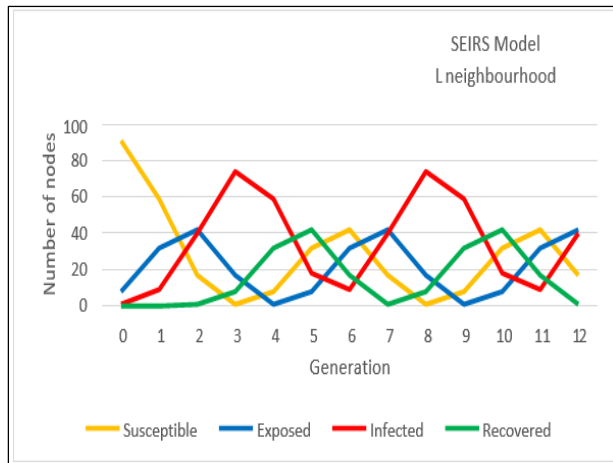


Figura 10. Evolución de la propagación. Modelo SEIRS para la vecindad L y la regla local R_5 , (N=100).

En la figura 10, para la vecindad L, se observa un comportamiento cíclico para S, E, I y R. La evolución de Susceptible, Recuperado y Expuesto es muy similar, ya que exhiben oscilaciones casi en fase (la diferencia de fase entre ellos es solo una generación), con un valor promedio de 20%, una amplitud de 20% y una frecuencia de 5 generaciones. El comportamiento infectado tiene la misma dinámica, pero la oscilación está en oposición de fase en relación con los Susceptibles; y el valor promedio es casi 40%, la amplitud es 35% aproximadamente y la frecuencia es de 5 generaciones.

5. Algunos casos del mundo real

En esta sección consideramos dos ejemplos del mundo real y discutimos la capacidad de nuestro modelo para simularlos.

a. Epidemia de SIDA en Cuba (1986 – 2000) (Modelo SIR)

El primer caso de SIDA se diagnosticó en Cuba en abril de 1986 [33]. Se detectaron algunos seropositivos (VIH+) a finales de 1985. Una vez que se confirmaron los primeros casos, el gobierno comenzó a implementar un programa basado en el rastreo de contactos sexuales de VIH+ conocidos para prevenir la propagación del virus. En la Fig. 10, la tabla presenta los datos recogidos por el Departamento de Epidemiología. La población VIH+ (segunda columna) representa el comportamiento Susceptible y la población con SIDA es el compartimento Infectado. La última columna corresponde a las muertes. Se han considerado porcentajes en lugar de datos sin procesar, para capturar el verdadero significado de la evolución de los diferentes compartimentos durante 14 años. La transformación calcula el porcentaje de todos los datos dentro del año al que pertenece.

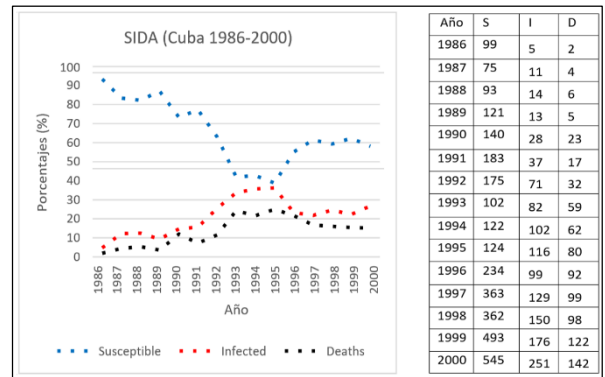


Figura 11. Porcentaje de susceptibles, infectados y muertes en el caso de la epidemia de SIDA en Cuba, entre 1986 y 2000.

En la figura 11, observamos que el tiempo entre dos infecciones consecutivas aumenta y se vuelve mayor que la duración de la enfermedad, por lo que no hay cruce de S y I y el valor de equilibrio de S es mayor que el valor de equilibrio de I. Esto está en línea con la baja prevalencia de la epidemia (Cuba tiene una tasa de incidencia acumulada de SIDA de 190 por millón, 11.2 por millón por año).

b. Epidemia de la peste bubónica en la India (Modelo SIR)

La epidemia de peste bubónica en la India, en particular, en Bombay, fue una tragedia que ocasionó gran mortandad entre la población [34]. La peste fue endémica durante las dos últimas décadas del siglo XIX antes de tener un repunte entre 1905 y 1906. Los datos relativos a la epidemia fueron establecidos por las autoridades coloniales británicas. Estos datos sirvieron para que, años más tarde, Kermarck and McKendrick (1927) desarrollaran su modelo epidemiológico SIR.

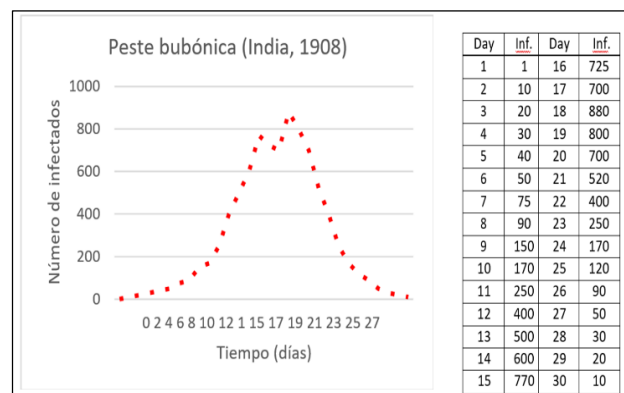


Figura 12. Número de infectados de la peste bubónica durante 30 días.

En la figura 12 se representa el número de infectados durante 30 días. Comparado con las gráficas establecidas para nuestro modelo, observamos que la mayor coincidencia es para la vecindad L, con una duración de la enfermedad de 3 generaciones. Ver figura. 4.

6. Resultados y Discusión

La propuesta que se presenta es mejor porque parte de la premisa de que los modelos epidemiológicos pueden considerarse ideales para modelar procesos de propagación de otra naturaleza, como la transmisión de información o la propagación de programa maligno en las redes informáticas. Nuestra propuesta aplica el modelo multi rejilla con 2 rejillas al comparar nuestro modelo con la propuesta de la referencia [50]. Se ha elegido este trabajo porque presenta un caso de modelo SIR con particularidades en los nodos que nos da la posibilidad de probar nuestro modelo multi rejilla. Los autores desarrollan un modelo analítico de diseminación de la información en redes sociales móviles basado en el modelo epidémico SIR para estudiar el cambio en los intereses de los nodos a la hora de recibir y transmitir información.

Ambas rejillas están acopladas. Las reglas de actualización

remedan la evolución del estado de los nodos. En G1 se implementa el comportamiento SIR normal, por lo que $R(1,0) = 1$, se tiene un nodo ignorante (0) el cual tiene contacto con un nodo portador de información (1) y se vuelve informado (1). A su vez, $R(0,1) = 0$, se tiene un nodo informado (1) al contactar con un nodo ignorante (0) se vuelve recuperado (0), después de pasarle la información. En G2 se implementa los comportamientos espontáneos, ya que en $R(1,0) = 0$, un nodo ignorante (0) tiene contacto con un nodo portador de información (1) pero se vuelve recuperado espontáneamente sin haber recibido información. Por su parte, $R(1,1) = 0$, un nodo informado (1) se vuelve espontáneamente recuperado (0) sin haber reenviado la información (nodo perezoso).

En la tabla 1, se presenta la planificación de la superposición de comportamientos que vamos a estudiar. Tenemos dos rejillas, G1 definida por (Von Neumann, R_5) y G2 por (L, R_2).

Tabla 1. Planificación del proceso de diseminación con 2 rejillas con $\Delta t = 2$ y 3

G1 (Von Neumann, R_5)	G2 (L, R_2)	G1, 2 ($\Delta t = 2$ gen.)
Gen. 0	Gen. 0	Superposición
Gen. 1		
Gen. 2		Superposición
Gen. 3		
Gen. 4		Superposición
Gen. 5	Gen. 2	
G1 (Von Neumann, R_5)	G2 (L, R_2)	G1, 2 ($\Delta t = 3$ gen.)
Gen. 0	Gen. 0	Superposición
Gen. 1		
Gen. 2		
Gen. 3		Superposición
Gen. 4		
Gen. 5	Gen. 1	
Gen. 6		Superposición
Gen. 7		
Gen. 8		
Gen. 9		Superposición
Gen. 10	Gen. 2	
Gen. 11		
Gen. 12		Superposición
	Gen. 3	
	Gen. 4	

Fijamos el intervalo entre la actuación de G1 (rejilla principal que implementa el comportamiento normal (por contacto)) y G2 (el comportamiento anormal (espontáneo)). Proponemos $\Delta t = 2$ y 3 para estudiar el impacto del intervalo sobre la propagación. Para la $\Delta t = 2$, la superposición de G2 sobre G1 se hará una de cada dos generaciones, mientras que para $\Delta t = 3$, la superposición de G2 sobre G1 se hará una de cada tres generaciones.

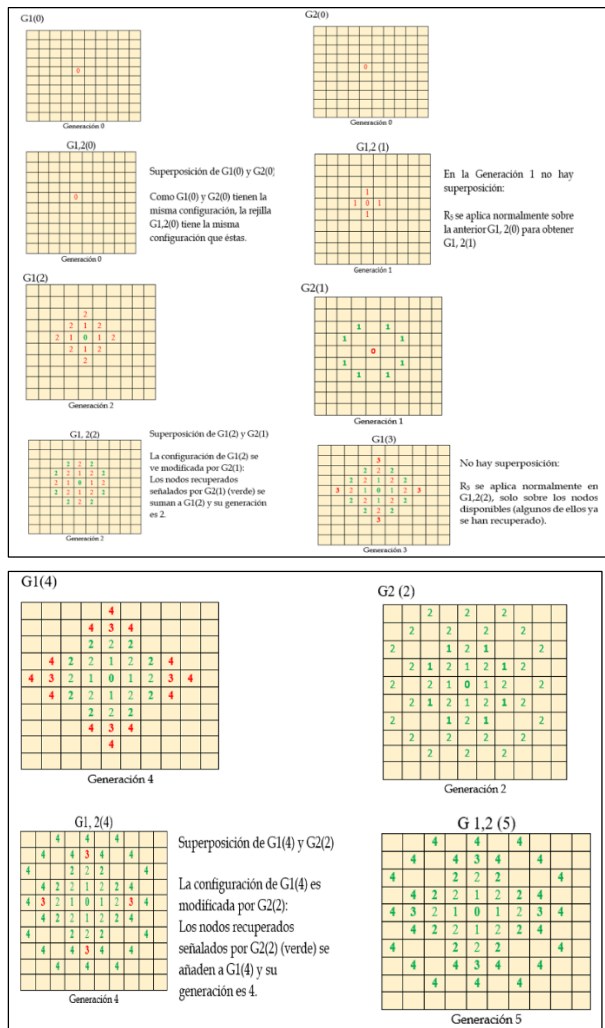


Figura 12. Mecanismo de superposición de rejillas, con $\Delta t = 2$.

La ejecución para $\Delta t = 3$ se hace de manera análoga a la que se muestra en la figura 12. En la figura 13a-b-c-d se muestra la comparación entre los procesos de diseminación de la información para valores distintos de Δt . Cuando se tiene un modelo SIR puro (una rejilla), podemos considerar $\Delta t = \infty$, ya que no hay superposición, entonces S y R intersecan y el valor máximo de I tiene lugar en momentos de la intersección de S y R. Cuando Δt decrece, tanto la intersección de S y R como el máximo valor de I ocurren antes. Cuando Δt llega a un valor umbral, en este caso $\Delta t = 2$, S y R ya no intersecan y llegan a un valor de equilibrio común. Se observa que la implementación

multi rejilla es capaz de completar el modelo SIR básico en cuanto a su capacidad de reproducir todos los compartimientos obtenidos por las ODE.

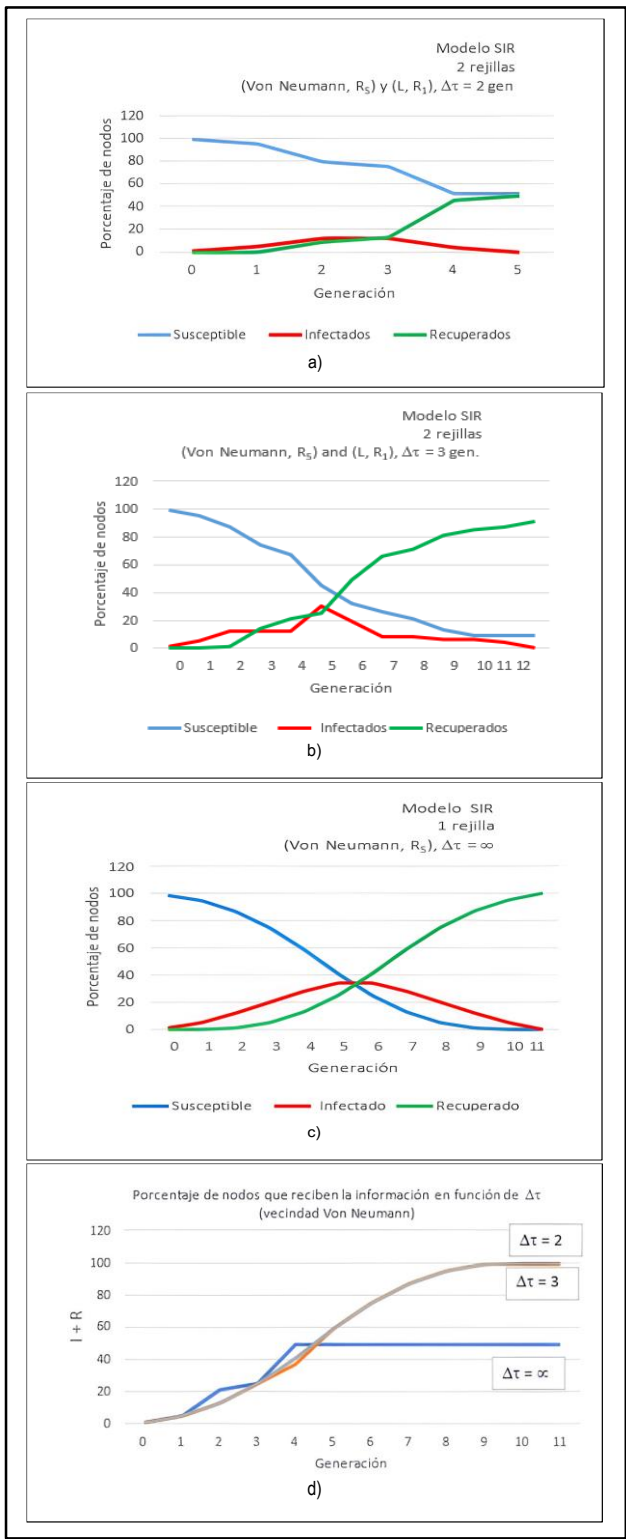


Figura 13. Proceso de diseminación de la información. Modelo con dos rejillas para $\Delta t = 2, 3, \infty$.

En la figura 13d, se muestra el número de nodos que han recibido la información (se utiliza I + R como medida). Este dato es crucial para evaluar el rendimiento del proceso de diseminación. Así, la diseminación más eficiente se obtiene cuando los nodos no son egoístas ni faltos de interés, es decir para $\Delta t = \infty$, cuando se emplea solo una rejilla. En este caso, todos los nodos vecinos reciben la información. La diseminación se ve perjudicada cuando Δt decrece, es decir cuando hay una rejilla secundaria que modela los nodos que tienen poco interés o se hacen más perezosos. En este caso, el valor de equilibrio se vuelve cada vez más bajo.

En la figura 14, se representa el impacto del tipo de vecindad en el proceso de diseminación de información. En este caso se ha realizado con una sola rejilla (para $\Delta t = \infty$), es decir en el mejor de los casos para la diseminación, sin nodos perezosos o desinteresados. Se han medido los valores de Susceptible, Infectados y Recuperados, así como la información transmitida I + R, para las vecindades Von Neumann, Moore y L. Todos los casos se han expuesto sin preinmunidad.

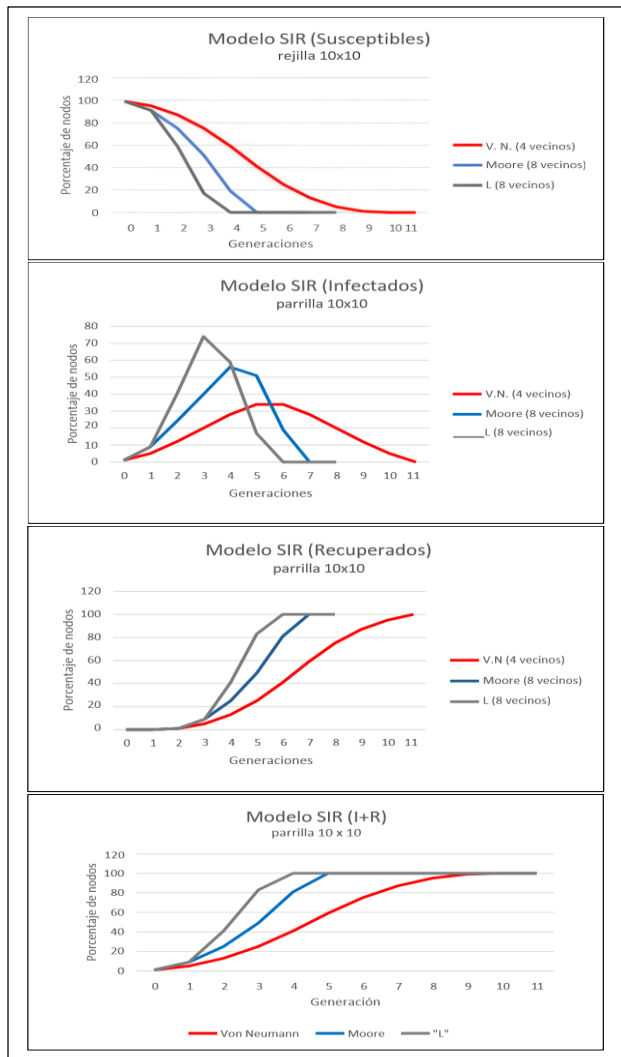


Figura 14. Impacto de las distintas vecindades (V.N., M. y L.) en el proceso de diseminación de la información, para $\Delta t = \infty$

Se observa que la vecindad Von Neumann proporciona la dinámica más lenta, tanto para S e I como para R e I + R. Es también la que proporciona un pico de infectados menor (35%). La vecindad L es la que proporciona la dinámica más rápida. El pico de infectados es más alto, alrededor del 75% y ocurre antes. La vecindad de Moore presenta valores intermedios en todos los casos.

El modelo de la referencia [50], es un modelo SIR resuelto por un sistema ODE. Los parámetros β , μ and δ se definen de la manera siguiente:

β = porcentaje de nodos ignorantes (S) que se vuelven informados (I), porque reciben la información.

μ = porcentaje de nodos ignorantes (S) que se vuelven recuperados espontáneamente (R), son nodos que no quieren recibir información y acaban preinmunizados sin haber pasado por el estado I.

δ = porcentaje de nodos informados (I) que pasan a recuperados (R), después de retransmitir la información que han recibido.

ν = porcentaje de nodos informados (I) que se vuelven recuperados espontáneamente, aunque no hayan retransmitido la información después de recibirla.

Para las condiciones experimentales, se utiliza la suma de I+R para contabilizar los nodos que han recibido la información y se considera un solo nodo infectado al inicio de la diseminación. El número de nodos es $N = 803$.

Con respecto al rendimiento de la diseminación de información, en el estudio del trabajo de Q. Xu pone de manifiesto que I+R crece y alcanza un valor de saturación del 87%, por debajo del 100% que obtenemos con nuestro modelo, figura 14.

Por ejemplo, en parrilla de 50 x 50, modelo SEIRS con el tipo de vecindad de Von Neuman como se observa en la figura 15, a partir de la generación 48, no se observa cambio numérico alguno, a nivel de los Susceptible, Expuestos e Infectados y Recuperados indistintamente que la configuración espacial de S, E, I y R cambie, por lo que se genera una situación de equilibrio

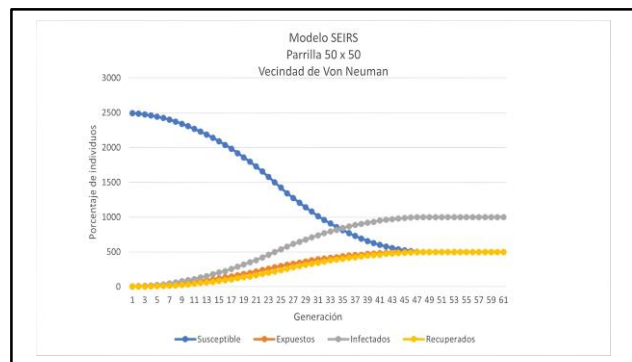


Figura 15. Modelo SEIRS, parrilla 50 x 50, vecindad Von Neuman (4 vecinos)

En los 4 vecinos, los Infectados, Expuestos y los Recuperados, se cruzan en la generación 9, mientras que los individuos Susceptibles se cruzan con los individuos Infectados a partir de la

generación 35. El equilibrio para el parámetro (I), así como sus respectivos valores, se logra a partir de la generación 43, lo que representa un valor porcentual del 43%, mientras que en el caso de los (S, E y R) a partir de la generación 45, lo que representa un valor porcentual del 45 %. A partir de la generación 48 los cuatro parámetros (S, E, I y R), se mantienen con valores constantes.

En este otro caso tenemos una parrilla de 50 x 50 celdas con el modelo SEIRS y la vecindad Moore como se observa en la figura 16.

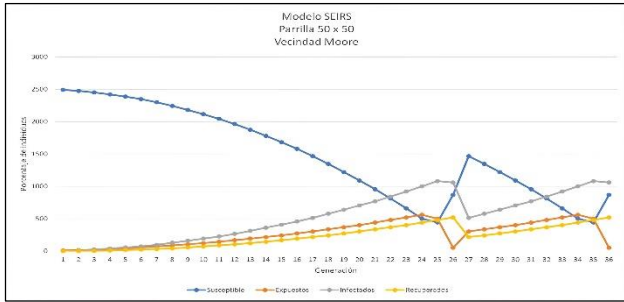


Figura 16. Modelo SEIRS, parrilla 50 x 50, vecindad Moore (8 vecinos)

En la vecindad de Moore, se observa un comportamiento cíclico, en donde los expuestos como los infectados presentan un máximo. La cantidad de individuos infectados es mayor a partir de la generación 25 que la de los individuos expuestos que es a partir de la generación 24. Susceptibles, Expuestos y Recuperados se cruzan a partir de la generación 25. El punto de cruce coincide con el mínimo de susceptibles y expuestos. El patrón de expansión se produce con menos intensidad a partir de la generación 25. No hay nacimientos ni muertes.

En este mismo contexto de la modelo SEIRS, parrilla 50 x 50 y vecindad Salto de Caballo de Ajedrez, como se observa en la figura 17., se obtienen los siguientes resultados.

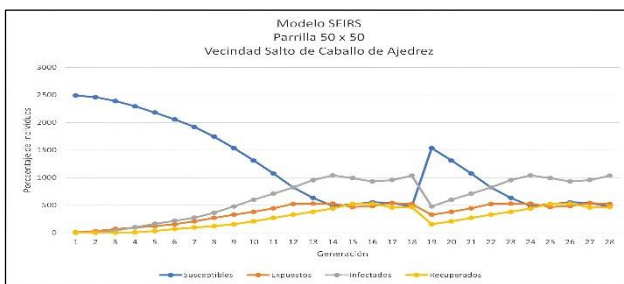


Figura 17. Modelo SEIRS, parrilla 50 x 50, vecindad Salto de Caballo de Ajedrez

En la vecindad del Salto de Caballo de Ajedrez, tanto las entidades Expuestos como las Infectados presentan un máximo.

El máximo de Infectados es mayor y posterior al de Expuestos, y es más importante que en el caso de la vecindad de Moore. Susceptibles y Recuperados se cruzan. El punto de cruce coincide con el máximo de Infectados. Este patrón de expansión se repite con menos intensidad a partir de la generación 15.

Aparece un ciclo debido a que N es constante.

A su vez, la dinámica de los nodos (impacto de β y δ), impone de manifiesto que, para un mismo valor de la tasa de infección, β , el número de nodos recuperados es más bajo cuando δ (parámetro que mide la inmunidad) es más alto, como muestra la figura 18, elaborada con los datos del estudio.

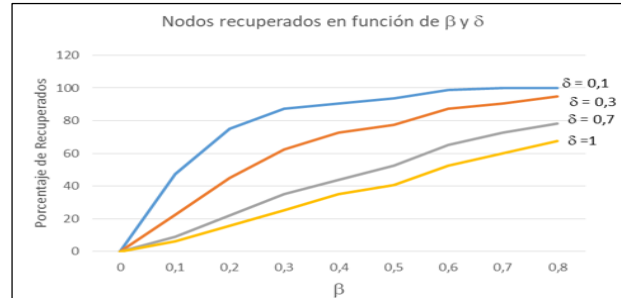


Figura 18. Impacto de β y δ en la diseminación de la información. Modelo ODE de la referencia [50].

Asimismo, en nuestro modelo se observa el mismo fenómeno ya que para una misma vecindad (que fija el potencial de infección, equivale a β), el número de nodos recuperados es más bajo cuando $\Delta\tau$ disminuye, ver figura 19.

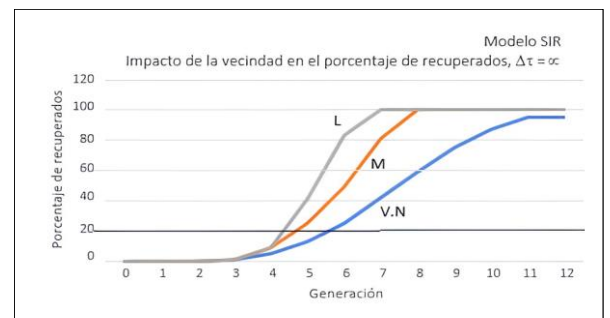
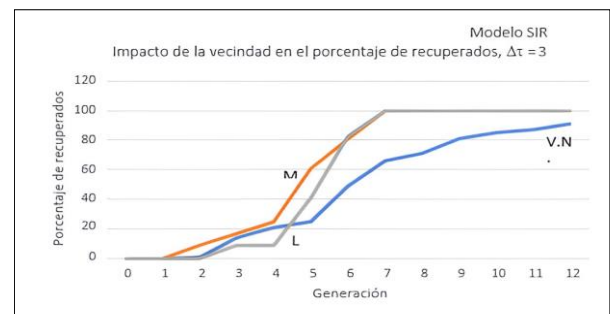
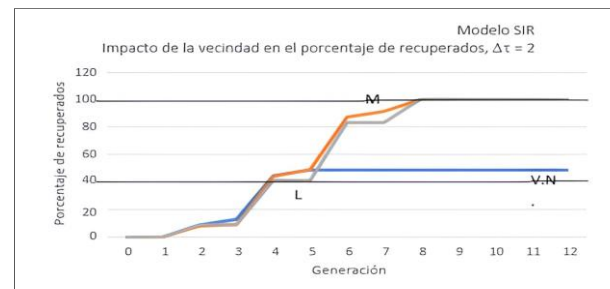


Figura 19. Impacto de $\Delta\tau$ en la diseminación de información, para las vecindades Von Neumann, Moore y L.

Observamos que para la vecindad Von Neumann (4 vecinos) el valor más bajo de recuperados (50%) corresponde al valor más bajo de $\Delta\tau$ ($\Delta\tau=2$) y el valor más alto de recuperados (100%) es para su valor máximo de inmunidad ($\beta=1$). En los casos de la vecindad de Moore y L (ambos 8 – vecinos, el fenómeno no aparece tan claro. En ambas se llega al 100% de recuperados para cualquier valor de β , sobre todo en la vecindad L. También se puede observar que para la misma inmunidad (β), las vecindades de Moore y L (ambas 8 – vecinos) siempre tienen mayor número de recuperados.

Por otro lado, la dinámica de los nodos (impacto de la preinmunidad), se hace un estudio con valores de $\beta = 0$ (sin preinmunidad) y con preinmunidad baja $\beta = 0,0001$. En ambos casos se pone de manifiesto que cuando el número de nodos informados llega a cero, acaba el proceso de diseminación de información.

Con respecto, al impacto del grado de los nodos k y con relación al trabajo de Q. Xu, en nuestro modelo llegamos a resultados similares. El factor k equivale a nuestra conectividad: 4 vecinos (Von Neumann) y 8 vecinos (Moore y L). También se observa que el pico es más alto y se produce antes para las dos vecindades de 8 vecinos, sobre todo L, que para los 4 vecinos.

7. Conclusión y trabajo futuro

La propuesta que se presenta es mejor porque se utiliza un modelo compartimental discreto que permite representar características locales de los procesos de propagación frente a los modelos compartimentales continuos que consideran a la población como un todo y no pueden evaluar las interacciones locales entre individuos. Bajo estas circunstancias se propone un modelo compartimental de la propagación de la información basado en el paradigma de expansión de la enfermedad infectocontagiosa. Para verificar la validez de esta propuesta, se ha optado por abordar el proceso de propagación con un enfoque espacio-tiempo basado en una cuadrícula. La población está formada por las $n \times n$ celdas de la cuadrícula y cada celda se encuentra en un estado determinado. La comparación que se acaba de realizar entre nuestro modelo y el de la referencia [51] permite concluir que ambos proporcionan resultados bastantes similares en cuanto a la dinámica de los nodos, el rendimiento de la diseminación de la información, el impacto del grado de los nodos y el impacto de la preinmunidad. Además, se han podido establecer las analogías entre los parámetros de los dos modelos. Algunos aspectos que podrán ser abordados en investigaciones futuras guardan relación con la superposición de parrillas, ya que el estudio de la frecuencia de superposición de la tasa de preinmunizados es del 50%, por lo que se podría variar el porcentaje. Otro asunto por considerar son los tipos de vecindades consideradas Von Neumann, Moore y L que tiene 4 u 8 conexiones. Bajo estas circunstancias se podrían probar parrillas hexagonales de 3 y 6 conexiones lo que permite cuantificar la relación que se da a nivel de los grados de los nodos y el tipo de vecindad. En esta misma dirección, y con respecto al uso de las reglas booleanas de actualización, las cuales solo permiten dos estados, habría que construir reglas booleanas más

progresivas que brinden una gama más amplia del estado de los nodos. A su vez, también es importante considerar la movilidad de los nodos, por ejemplo, la infección de un nodo en un estado final, lo que ayudaría a plantear escenarios más amplios y la identificación de patrones en el proceso de la propagación de la información en la red.

No se ha analizado el impacto del tamaño de la población N en el proceso. Será un tema interesante para el trabajo futuro.

Referencias

- [1] (2020) WHO timeline of whos response to covid-19. [Online]. Available: <https://www.who.int/news-room/detail/29-06-2020-covidtimeline>
- [2] Van den Driessche, P. Deterministic Compartmental Models: Extension of Basic Models. Lecture Notes in Mathematics, Mathematical Epidemiology, Springer, 2008.
- [3] Monteiro, L.H.A. et al. Big cities: Shelters for contagious diseases. Ecological Modelling 197 (2006), 258-262.
- [4] Siettos, C.I. and Russo, L. Mathematical modeling of infectious disease dynamics. Virulence. 2013 May 15; 4(4): 295–306.
- [5] Graunt, J.: on Causes of Death in the City of London, Population and Development Review Vol. 35, No. 2 (Junio 2009), pp. 417-422 Bailey NJT.
- [6] Bernoulli, D. (Reprinted in Blower, S. 2004). An attempt at a new analysis of the mortality caused by smallpox and of the advantages of inoculation to prevent it. Reviews in medical virology, 14(5):275–88.
- [7] Signes Pont, M.T. et al., The Susceptible-Infectious Model of disease expansion analyzed under the scope of connectivity and neighbors' rules. Proceedings of the CSITA conference, Computer Science & Information Technology (CS & IT) 7 (1): 1-10 (January 2017).
- [8] Kermack, W.O & McKendrick, A.G. A contribution to the mathematical theory of epidemics, Proc. R. Soc. Lond., 115 (1927), 700-721.
- [9] Isea, R & Lonngren, K.E. On the Mathematical Interpretation of Epidemics by Kermack and McKendrick. Gen. Math. Notes, Vol. 19, No. 2, December 2013, pp. 83-87.
- [10] Miller, Joel.C. Mathematical models of SIR disease spread with combined non-sexual and sexual transmission routes, Infectious Disease Modelling 2 (2017) 35-55.
- [11] Decreusefond, L et al. Large graph limit for a SIR process in random network with heterogeneous connectivity. The Annals of Applied Probability, 22 (2) (2012), pp. 541-575.
- [12] Signes Pont, M.T. et al. The Susceptible-Infectious-Recovered (SIR) model of disease expansion: a new approach. 17th Edition of the Mathematical Modelling in Engineering and Human Behavior Conference. July 2017.
- [13] Heathcoat, H. and van den Driessche, P. Two SIS epidemiological models with delays. J. Math. Biology, 40, 3 (2000).
- [14] Jianquan, L. and Zhien, M. Global Analysis of SIS Epidemic Models with Variable Total Population Size Mathematical and Computer Modelling 39 (2004) 1231-1242
- [15] Signes-Pont, M.T., Mora, H., Cortés-Castillo, A. and Mollá-Sirvent, R. (2020), "A grid model to address the behaviour of the nodes in the dissemination of information", Kybernetes, Vol. 49 No. 7, pp. 1953-1967. <https://doi.org/10.1108/K-06-2019-0381>
- [16] Yukihiro, N., Toshikazu, K. Global dynamics of a class of SEIRS epidemic models in a periodic environment, J. Math. Anal. Appl. 363 (2010) 230–237
- [17] Shah, N.H. and Jyoti Gupta, J. SEIR Model and Simulation for Vector Borne Diseases. Applied Mathematics, 2013, 4, 13-17
- [18] Mishra, B.K. and Pandey, S.K. Dynamic model of worm propagation in computer network Applied Mathematical Modelling 38 (2014) 2173–2179
- [19] R. Eftimie et al. Mathematical Models for Immunology: Current State of the Art and Future Research Directions. Bull Math Biol. 2016; 78(10): 2091– 2134. doi: 10.1007/s11538-016-0214-9
- [20] Alison L Hill. Mathematical models of HIV latency. Curr Top Microbiol Immunol. 2018; 417: 131– 156. doi: 10.1007/82_2017_77.
- [21] A. Chavali et al. Characterizing emergent properties of immunological systems with multi-cellular rule-based computational modeling. Trends Immunol. 2008; 29(12):589–599. doi: 10.1016/j.it.2008.08.006.
- [22] F. Graw et al. Inferring Viral Dynamics in Chronically HCV Infected Patients from the Spatial Distribution of Infected Hepatocytes. PLoS Comput Biol. 2014 Nov; 10(11): e1003934. doi: 10.1371/journal.pcbi.1003934.
- [23] Published online 2014 Nov 13. doi: 10.1371/journal.pcbi.1003934
- [24] Frederik Graw and Alan S. Perelson. Modeling Viral Spread Annu Rev Virol. 2016 Sep 29; 3(1): 555–572. Published online 2016 Aug 31. doi: 10.1146/annurev-virology-110615-042249
- [25] Michael D. Tomasini et al. Modeling the dynamics and kinetics of HIV-1 Gag during viral assembly. April 20, 2018, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196133>

- [26] M.T. Signes-Pont et al. Modelling the malware propagation in mobile computer devices. *Computers & Security*, Volume 79, November 2018, Pages 80-93.
- [27] S. Peng et al. Modeling the dynamics of worm propagation using two- dimensional cellular automata in smartphones. *Journal of Computer and Systems Sciences* 79 (2013), pp. 586-595.
- [28] A. Martín del Rey and G. Rodríguez Sánchez. A CA Model for Mobile Malware Spreading Based on Bluetooth Connections. Herrero Á. et al. (eds). *International Joint Conference SOCO' 13-CISIS '13- ICEUTE' 13. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 239. Springer, 2014.
- [29] G. González García et al. Worm Propagation Modeling Considering Smartphones Heterogeneity and People Mobility. *Proceedings of the 2017 International Conference on Applied Mathematics, Modeling and Simulation (AMMS 2017)*, *Advances in Intelligent Systems Research*, Vol 153.
- [30] A. R. Mickler et al. Modeling infectious diseases using global stochastic cellular automata. *J. Biol. Systems* 13 (4) 2005 pp. 421-439.
- [31] Reed, C. et al. Estimates of the prevalence of pandemic (h1n1) 2009, united states, april-july 2009. *Emerging infectious diseases*, 15(12):2004, 2009.
- [32] Isea, R. and Lonngren, K.E. Epidemic modeling using data from the 2001- 2002 measles outbreak in Venezuela. *Research and Reviews in BioSciences*, vol.7 (1). 2013 Trade Science Inc.
- [33] Moghadas, S. and Gumel, A. B. A mathematical study of a model for childhood diseases with nonpermanent immunity. *J. Comput. Appl. Math.* 157 (2003), no. 2, 347–363.
- [34] De Arazoza, H. and Lounes, R. A non-linear model for a sexually transmitted disease with contact tracing. *IMA Journal of Mathematics Applied in Medicine and Biology*, 19, (2002), pp. 221-234. DOI:10.1093/imammb/19.3.221
- [35] Galindo-Urribari, S. et al. Las matemáticas de las epidemias: caso México 2009 y otros. *CIENCIA ergo-sum*, Vol.20-3, nov. 2013-feb. 2014, pp 238-246.
- [36] Xiangjian, H. and Wenjing, J. Hexagonal Structure for Intelligent Vision. *Proceedings of. ICICT 2005*.
- [37] Kitchovitch, S. and Liò P. Community structure in social networks: applications for epidemiological modelling. *PLoS One*. 2011; 6(7).
- [38] Fuster Sabater, A. et al. Simulación de la propagación del malware: Modelos continuos vs. Modelos discretos. *Actas de la XIII Reunión Española sobre Criptología y Seguridad de la Información RECSI 2014*.
- [39] Karyotis, V., Kakalis, A. and Papavassiliou, S. Malware-propagative mobile ad hoc networks: asymptotic behaviour analysis. *J. Comput. Sci. Tech.* 23(3) 2008, pp. 389-399.
- [40] White, S.H. et al. Modelling epidemics using cellular automata. *Appl. Math. Comput.* 186 (1) 2007, pp. 193-202.
- [41] Song, Y. and Jiang, G. Research of malware propagation in complex networks based on 1-D cellular automata. *Acta Phys. Sinica* 58 (9) 2009 pp. 5901-5908.
- [42] Daley, D. J. & Gani, J. *Epidemic Modeling: An Introduction*. NY: Cambridge Univ. Pr., 2005.
- [43] Athithan, Senthil, Vidya Prasad Shukla, and Sangappa Ramachandra Biradar. "Dynamic cellular automata based epidemic spread model for population in patches with movement." *Journal of Computational Environmental Sciences* 2014 (2014).
- [44] Bauch, Chris T. "The spread of infectious diseases in spatially structured populations: an invasy pair approximation." *Mathematical Biosciences* 198.2 (2005): 217-237.
- [45] del Rey, A. Martín, S. Hoya White, and G. Rodríguez Sánchez. "A model based on cellular automata to simulate epidemic diseases." *International Conference on Cellular Automata*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [46] Doran, Ruth J., and Shawn W. Laffan. "Simulating the spatial dynamics of foot and mouth disease outbreaks in feral pigs and livestock in Queensland, Australia, using a susceptible-infected-recovered cellular automata model." *Preventive veterinary medicine* 70.1-2 (2005): 133-152.
- [47] Fuentes, M. A., and M. N. Kuperman. "Cellular automata and epidemiological models with spatial dependence." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 267.3-4 (1999): 471-486.
- [48] Martínez, María Jose Fresnadillo, et al. "A graph cellular automata model to study the spreading of an infectious disease." *Mexican International Conference on Artificial Intelligence*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.
- [49] Mikler, Armin R., Sangeeta Venkatachalam, and Kaja Abbas. "Modeling infectious diseases using global stochastic cellular automata." *Journal of Biological Systems* 13.04 (2005): 421-439.
- [50] Sirakoulis, G. Ch, Ioannis Karafyllidis, and Adonios Thanailakis. "A cellular automaton model for the effects of population movement and vaccination on epidemic propagation." *Ecological Modelling* 133.3 (2000): 209-22
- [51] Xu, Q. et al., Epidemic Information Dissemination in Mobile Social Networks with Opportunistic Links. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing* (2015) pp. 399-409. DOI: 10.1109/TETC.2015.2414792.
- [52] A. R. Tuite, D. N. Fisman, and A. L. Greer, "Mathematical modelling of COVID-19 transmission and mitigation strategies in the population of Ontario, Canada," *Can. Med. Assoc. J.*, vol. 192, no. 19, pp. E497–E505, 2020. [Online]. Available: <https://www.cmaj.ca/content/early/2020/04/09/cmaj.200476>.
- [53] Prem et al., "The effect of control strategies to reduce social mixing on outcomes of the COVID-19 epidemic in Wuhan, China: A modelling study," *Lancet Public Health*, vol. 5, no. 5, pp. e261–e270, May 2020. [Online]. Available: <https://europepmc.org/articles/PMC7158905>.
- [54] J. Wangping et al., "Extended SIR prediction of the epidemics trend of COVID-19 in Italy and compared with Hunan, China," *Frontiers Med.*, vol. 7, pp. 169–175, 2020. [Online]. Available: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmed.2020.00169>.
- [55] A. L. Kapetanović and D. Poljak, "Modeling the Epidemic Outbreak and Dynamics of COVID-19 in Croatia," 2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2020, pp. 1-5, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243757.
- [56] N. Ramadjanti, Mu'arifin and A. Basuki, "Comparison of Covid-19 Cases in Indonesia and Other Countries for Prediction Models in Indonesia Using Optimization in SEIR Epidemic Models," 2020 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307543.
- [57] K. Tang, Y. Ma, H. Yan and Y. Rao, "A New Prediction Method of COVID-19 Epidemic," 2021 4th International Conference on Pattern Recognition and Artificial Intelligence (PRAI), 2021, pp. 331-335, doi: 10.1109/PRAI53619.2021.9551052.
- [58] Y. Feng and X. Lu, "Simulation analysis of the coronavirus disease 2019(COVID-19) spread based on system dynamics model," 2020 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2020, pp. 498-501, doi: 10.1109/SMC42975.2020.9282928.
- [59] Y. Ma, Z. Xu, Z. Wu and Y. Bai, "COVID-19 Spreading Prediction with Enhanced SEIR Model," 2020 International Conference on Artificial Intelligence and Computer Engineering (ICAICE), 2020, pp. 383-386, doi: 10.1109/ICAICE51518.2020.00080.
- [60] Tianmeng Huang. 2020. Application of SEIR Model to Predict Covid-19's Early Stage in Hubei Province. In 2020 7th International Conference on Bioinformatics Research and Applications (ICBRA 2020). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 16–21. DOI: <https://doi.org/10.1145/3440067.3440071>
- [61] Anusit Chamnan and Puntani Pongsumpun. 2020. Analyze of SEIR Dengue Infectious Transmission Model with Vaccination. In 2020 7th International Conference on Bioinformatics Research and Applications (ICBRA 2020). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1–5. DOI: <https://doi.org/10.1145/3440067.3440068>
- [62] H. Khazaei, K. Paarporn, A. Garcia and C. Eksin, "Disease spread coupled with evolutionary social distancing dynamics can lead to growing oscillations," 2021 60th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 2021, pp. 4280-4286, doi: 10.1109/CDC45484.2021.9683594.

Ganadería de precisión, una revisión a los avances dentro de la avicultura enfocados a la crianza de pollos de engorde

Ronald Juárez¹ , Cristian Pinzón² 

¹Estudiante, ²Docente, Universidad Tecnológica de Panamá. Ciudad de Santiago. Provincia de Veraguas, República de Panamá. Centro Regional de Veraguas.

¹ronald.juarez@utp.ac.pa; ²cristian.pinzon@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3652



Resumen: La producción avícola es una de las industrias con mejor desarrollo dentro del sistema agropecuario panameño, sin embargo, para los próximos años se espera un crecimiento en la demanda de alimentos causado por el crecimiento de la población. Esto ha fomentado la aparición de un mayor número de productores y a potenciado la producción animal intensiva. Ante esta problemática ha surgido un nuevo campo de investigación denominado ganadería de precisión (PLF). Esta es definida como la capacidad de monitorizar y dar seguimiento en tiempo real al bienestar, producción, reproducción, impacto ambiental y salud del ganado, empleando nuevas tecnologías en Inteligencia artificial, automatización, internet de las cosas y sistemas de información. Este artículo tiene por objetivo ser una revisión sobre los fundamentos de la ganadería de precisión en la crianza de pollos de engorde, reuniendo trabajos de actualidad y sus tendencias de trabajo, desde bases de investigación bibliográficas, con miras a la adopción de este campo en los proyectos futuros dentro de Panamá. Como resultado de esta revisión se encontró que países europeos como Bélgica, Países Bajos, Reino Unido e Italia tienen la mayor cantidad de investigadores y trabajos relacionados con esta rama, siendo proyectos basados en sensores, machine learning, visión artificial y análisis del sonido las actuales tendencias de investigación. También se encontró que los dilemas éticos relacionados con el cuidado y bienestar animal dentro de este campo son un tema de discusión concurrente.

Palabras claves: automatización, bienestar animal, ética, ganadería de precisión, gestión, machine learning, pollos de engorde, sensores, visión artificial.

Title: Precision livestock farming, a review of the advances in poultry farming focused on broiler breeding.

Abstract: Poultry production is one of the industries with the best development within the Panamanian agricultural system, however, for the next few years a growth in food demand caused by population growth is expected. This has led to solutions such as encouraging the emergence of a greater number of producers and boosting intensive animal production. Faced with this problem, a new field of research has emerged called Precision Livestock Farming (PLF), which is defined as the ability to monitor and track in real time the welfare, production, reproduction, environmental impact and health of livestock, using new technologies in artificial intelligence, automation, internet of things and information systems. This article aims to be a review on the fundamentals of precision livestock farming in broiler breeding, gathering current works and their work trends, from bibliographic research bases, with a view to the adoption of this field in future projects within Panama. As a result of this review, it was found that European countries such as Belgium, Netherlands, United Kingdom and Italy have the largest number of researchers and works related to this field, being projects based on sensors, machine learning, artificial vision and sound analysis the current research trends. Ethical dilemmas related to animal care and welfare within this field were also found to be a concurrent topic of discussion.

Keywords: automation, animal welfare, ethics, precision farming, management, machine learning, broilers, broiler chickens, sensors, artificial vision.

Tipo de artículo: revisión.

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2022.

Fecha de aceptación: 1 de febrero de 2023.

1. Introducción

Según las estimaciones realizadas por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, para el año 2 019, la población panameña ha reportado un crecimiento del 24.0% [1]. Este aumento plantea la necesidad de aumentar la producción de alimentos que logren suplir las necesidades nutricionales básicas de las personas.

Para el año 2 050 se espera que la producción de carne aumente en 200 millones de toneladas, siendo el principal producto de consumo dentro de países en vías de desarrollo [2].

Esto conlleva a que los productores deban intensificar su rendimiento en un 70.0% en los próximos años para cubrir esta demanda [3][4].

En Panamá la producción avícola se mantiene como una de las actividades más importantes del sector agropecuario, llegando a consolidarse como una industria equiparable a la de muchos países desarrollados.

Para el año 2 019 se logró un aumento del 17.6 % en la cría de gallinas y pollos de engorde respecto al año 2 015, donde destacan provincias como Panamá, Coclé, Panamá Oeste y Veraguas como las principales productoras de esta carne [1].

Para abarcar la demanda alimenticia causada por el crecimiento de la población, se plantea la aparición de nuevos productores que ayuden a cubrir esta necesidad, sin embargo, otra alternativa que está siendo aplicada es la explotación de la producción animal intensiva, donde se incrementa la cantidad de animales criados por ganadero [5].

Esta tendencia propicia que se pierda la posibilidad de brindar atención individual a cada ave, reduciendo la capacidad realizar los ajustes necesarios dentro de la parvada para garantizar sus necesidades y cuidados de supervivencia [6].

La crianza de pollos de engorde presenta una serie de cuidados relacionados con el manejo de las condiciones climáticas del lugar, tales como la humedad, temperatura, calidad del aire, control sobre la ventilación, diseño del recinto y calidad de la cama, esto propicia animales con una edad de sacrificio más temprana al llegar a los pesos de producción final establecidos [7].

Es por esto que actualmente la sociedad está anuente a preservar el bienestar animal, así como la salud de los trabajadores avícolas que tienden a sacrificar la administración personal de su granja a expensas de una mayor cantidad de animales [8].

Esto termina propiciando la aparición de enfermedades provocadas por bacterias, parásitos o virus, así como trastornos fisiológicos en el animal [9], reduciendo la capacidad del avicultor para lograr sus objetivos económicos, ambientales y sociales [6].

Con el avance de campos como la Inteligencia Artificial (IA), *Big Data*, Robótica, Computación en la nube, Internet de las cosas (IoT) y el acceso a sensores de alta calidad a un bajo coste, han motivado la aparición de proyectos enfocados al manejo, control y gestión en tiempo real del ganado.

La finalidad de estos proyectos es reducir la carga laboral del avicultor, asegurando el bienestar individual de cada animal dentro de la ganadería intensiva; esta tendencia de investigación se ha denominado en la literatura inglesa como "*Precision Livestock Farming (PLF)*" [10].

Esta terminología se ha establecido y utilizado en proyectos internacionales [11], [12], [13], facilitando la comunicación entre los investigadores de diversas disciplinas para crear correspondencia con los trabajos realizados [10].

Sin embargo, en Panamá aún no se adopta esta nomenclatura, debido a la poca bibliografía en español de actualidad a la que se tiene acceso, provocando un aislamiento entre las investigaciones, sin tener un campo de desarrollo en común, el cual avance junto a los nuevos desarrollos tecnológicos e implemente soluciones dentro de la ganadería panameña.

El objetivo de este artículo es desarrollar una revisión bibliográfica, basado en trabajos internacionales de actualidad que permita dar a conocer el enfoque dentro de la rama investigativa llamada "*Precision Livestock Farming (PLF)*", introduciéndola al sector agropecuario panameño, con la finalidad de identificar sus tendencias investigativas, áreas del conocimiento involucradas e implicaciones en la crianza de pollos de engorde.

Este documento se estructura de la siguiente manera: la sección inicial presenta una introducción a la temática objeto de

investigación; la segunda sección aborda los materiales y métodos utilizados, incluyendo la metodología seguida y el contenido literario; en la tercera sección se muestran los resultados alcanzados; y finalmente, la última sección contiene las conclusiones derivadas de la investigación.

2. Materiales y métodos

A continuación, se detallan los recursos y procedimientos de recolección de datos empleados en este artículo, así como la identificación y desarrollo de las principales áreas de investigación en las que se trabaja actualmente la ganadería de precisión.

2.1. Búsqueda bibliográfica

La recopilación de trabajos bibliográficos se realizó empleando las bases de datos: *ScienceDirect* y *IEEEExplore*, en donde se consultaron los artículos utilizando palabras claves como "*Precision livestock farming*", "*Farming poultry farms*", "*Precision livestock farming poultry farms*", filtrando la búsqueda en artículos de investigación y de revisión perteneciente al rango de años entre el 2017 y 2021.

La consulta realizada arrojó 402 artículos dentro de la base de datos *ScienceDirect* y 39 documentos para *IEEEExplore*, donde se identificaron y seleccionaron aquellos trabajos enfocados al cuidado de pollos de engorde, dando como resultado 35 trabajos elegidos.

Los artículos seleccionados se analizaron tomando en cuenta las siguientes preguntas de investigación:

- ✓ ¿Qué aporte realiza la investigación descrita a la ganadería de precisión?
- ✓ ¿El artículo se encuentra enmarcado dentro del campo de la ganadería de precisión u otras ramas asociadas?
- ✓ ¿Se describe la implementación de nuevas tecnologías?
- ✓ ¿Los artículos establecen nuevas tendencias de investigación dentro del campo?

Algunos artículos de años anteriores a 2017 se incluyeron dentro de este trabajo debido a su relevancia en el establecimiento de la ganadería de precisión como campo de investigación.

2.2. Principales cuidados en la cría de pollos de engorde

La crianza de pollos de engorde, bajo la tendencia propuesta por la ganadería de precisión, propone nuevos retos y cuidados en cuanto a las condiciones de las aves, entre estas se encuentran: el estrés provocado por las altas temperaturas del ambiente, la cantidad de animales dentro del recinto, enfermedades, manejos inadecuado del lugar de cría y un bajo saneamiento del corral [14].

Uno de los trabajos de la Universidad de Chung-Ang, tenía por objetivo investigar el efecto del estrés por calor y la alta densidad de población, sobre el rendimiento del crecimiento, la

calidad de la carne de la pechuga y la función de barrera intestinal en pollos de engorde [14].

Como resultado luego de dos semanas, los investigadores encontraron que el estrés por calor y la alta densidad de población disminuyen el rendimiento de los pollos pero no afecta negativamente en la calidad de la carne de pechuga [14].

Los olores en los galpones de crianza para pollos de engorde provocados por excrementos de las aves, humedad y basura, los cuales se acumulan sobre la superficie de la cama del recinto y se mal manejan, contribuyen a la aparición de gases nocivos como el amoníaco, actividad microbiana y la molestia de las comunidades cercanas [15].

En este sentido, se desarrolló una revisión con el objetivo de describir cómo las condiciones dentro de la cama influyen en la formación y difusión de olores, considerando las estrategias de manejo del cobertizo influyen en las condiciones de la cama, resumiendo los olores identificados en granjas de pollos de engorde [15], obteniendo como resultado una lista de más de 130 olores relacionados con propiedades como el valor umbral del olor, el carácter del olor, la constante de la ley de Henry, la solubilidad en agua y la presión de vapor [15].

Una estudio Coreano del año 2003, se concentró en el análisis del clima interno en galpones con ventilación mecánica y natural, como resultado obtuvieron que la temperatura máxima interna promedio fue de 10.4° por encima de lo recomendado en épocas de verano empleando ventilación mecánica, mientras con la ventilación natural fue de 14° grados superior [16].

Los autores concluyen en base a sus resultados que: “La visualización del flujo de aire indicó que el aire entrante a través de las rejillas de ventilación de entrada descendía justo después de entrar en el edificio, por lo que no se mezclaba lo suficiente con el aire caliente interno antes de llegar a la ubicación de los pollos.

Se descubrió que el uso de almohadillas de refrigeración y ventiladores de niebla dificultaba mucho el control de la humedad en la nave de pollos de engorde con ventilación mecánica” [16].

2.3. Estableciendo la ganadería de precisión o Precision Livestock Farming (PLF)

En el año 2017 el autor Daniel Berckmans publica el artículo titulado: “General introduction to precision livestock farming” [10], donde abarca los principios, fundamentos e implementación de este concepto, estableciéndolo como una ciencia multidisciplinaria, adoptando la terminología con la finalidad de crear un marco común en los trabajos de investigación [10].

En su documento, este autor define el objetivo general de la ganadería de precisión como la capacidad de monitorizar y de dar seguimiento en tiempo real al bienestar, producción, reproducción, impacto ambiental y salud del ganado, aprovechando el desarrollo en campos como la visión artificial, análisis del sonido, redes de sensores e ingeniería de procesos, para tener un entorno automatizado.

Esto se complementa con el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC) para notificar a los ganaderos cuando los animales necesitan atención, proporcionando una herramienta de apoyo a la toma de decisiones [10].

Los sistemas basados en la ganadería de precisión están cimentados sobre el esquema llamado “control basado en modelos” (figura 1) como forma de gestión, donde se predice cómo reaccionará la salida del proceso (variable a controlar), ante una variación de las entradas utilizadas como control [10].

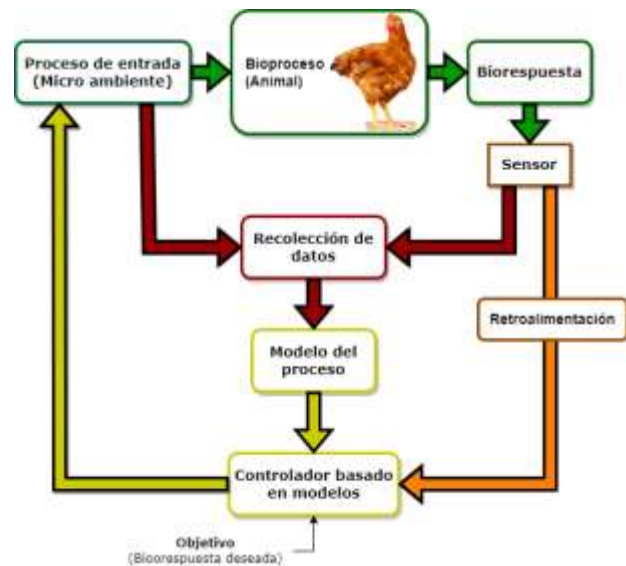


Figura 1. Diagrama de seguimiento y gestión de procesos biológicos basado en modelo propuesto por Daniel Berckmans [10].

En otro artículo se plantea la ganadería de precisión como una aplicación de la ingeniería de procesos, donde los datos generados a lo largo del tiempo en los puntos de producción, son utilizados para la retroalimentación del sistema, pudiendo realizar modificaciones de forma automatizada, formando un bucle de control cerrado [17].

En 2003 se realizó la conferencia sobre la Ganadería de precisión en la ciudad de Berlín, donde se habló acerca de los organismos vivos (animales) como un sistema denominado CITD, cuyo significado es ser complejo e individualmente diferente, variable en el tiempo y dinámico [10].

El autor Daniel Berckman comenta que tratar los animales como un sistema requiere mantener en vigilancia las diferentes respuestas que puedan tener ante un estímulo externo, traducándose en variables que puedan ser intervenidas para alterar sus estados futuros [10], [17].

Las condiciones para cumplir con un sistema de seguimiento, gestión y control de tipo PLF, se establecieron en el año 2002 dentro del artículo “Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming” [18] y son:

- I. Las variables de los animales (temperatura corporal, respiración, alimentación, comportamientos rutinarios, sonidos generados, clima, ingesta de alimentos, enfermedades, emisiones de gases contaminantes) se deben medir y analizar continuamente.
- II. En cada momento se debe tener una predicción fiable (una expectativa) sobre los cambios en el valor de las variables del animal, es decir, la respuesta de este a los estímulos del entorno, permitiendo identificar las actividades que realizan los animales para saber cuándo está ocurriendo algo anormal.
- III. Las predicciones y mediciones obtenidas deben ser analizadas por un algoritmo que pueda supervisar y gestionar los animales de forma automática, brindando seguimiento al bienestar o tomando medidas de control.

Estos principios son a su vez la mejor manera de tratar el carácter variable en el tiempo del organismo CITA, ya que se realizan mediciones continuas que son empleadas en predicciones mediante análisis matemáticos o algoritmos que se adapten a los individuos y que esto se pueda utilizar en tiempo real para potenciar el cuidado animal [18].

Producto de las mediciones continuas, se genera una gran cantidad de datos, por lo que la transmisión de estos puede resultar costoso en tiempo, dinero y energía [10].

La aparición del Internet de las Cosas (IoT) y el desarrollo logrado en tecnologías de comunicación (redes móviles, telecomunicaciones e Internet) han contribuido al diseño y aplicación de proyectos PLF, donde se busca transmitir información relevante del sistema que permita al ganadero dar un seguimiento sin estar físicamente presente en el lugar; esto por medio de aplicaciones móviles y plataformas digitales [19].

Los autores afirman que en la práctica, este nuevo paradigma es capaz de cumplir los objetivos de sostenibilidad propuestos, como lo son: un menor desperdicio de insumos y alimentos, minimización del impacto al ambiente, eficiencia económica, seguridad alimentaria y el cumplimiento del bienestar animal [17].

Mejorar la trazabilidad en la gestión del ganado también es uno de estos objetivos planteados, ya que se promete producir un intercambio de información durante la estancia de vida de los animales presentando virtudes como [19]:

- ✓ Los distribuidores de piensos pueden mejorar sus productos, aprovechándose de las estadísticas en los perfiles de alimentación de las granjas.
- ✓ Las fincas se pueden apoyar en los datos estadísticos de otras explotaciones para optimizar el consumo de alimentos de los animales.
- ✓ Las granjas pueden producir o abastecerse de animales basándose en parámetros como el peso y su conformación física.
- ✓ Toda información estadística generada puede ser utilizada por gobiernos o empresas para la toma de decisiones y evaluaciones comparativas, para dirigir el sector.

Sin embargo los autores plantean que para lograr una verdadera organización dentro de la ganadería de precisión, se necesita de la colaboración entre diversos campos de investigación como lo son técnicos de laboratorios, científicos de animales, analistas de datos e ingenieros así como afrontar los problemas éticos que conlleva el trabajar con seres vivos [6].

2.4. Ética y viabilidad detrás de la ganadería de precisión

A pesar de las promesas de los sistemas PLF sobre brindar un seguimiento, control y asegurar el bienestar de los animales, existen investigadores que discuten acerca de las implicaciones éticas y aportan argumentos críticos sobre el impacto en las relaciones hombre-animal dentro de la ganadería industrial convencional.

El autor P. Stevenson [8] establece que la ganadería de precisión se ejecuta principalmente dentro del sector de crianza intensiva, por ello, una de las más grandes preocupaciones propuestas es que este tipo de sistemas potencie aún más esta forma de producción.

Si bien es cierto, los animales carecen de la capacidad de comunicar sus necesidades y cuidados a un lenguaje humano, los críticos del PLF se basan en la teoría del cuidado que dictamina “que cualquier grupo de animales que sea criado por los seres humanos se trate de forma cuidadosa” (asegurando su bienestar animal) [20], definiendo entonces que en la ética del cuidado se debe reconocer que el “otro tiene una naturaleza propia que debe ser respetada” permitiendo un razonamiento sobre la comprensión y apreciación de lo que es diferente a uno mismo [21].

Partiendo de esta premisa, I. Werkheiser [17] plantea que cuando un ganadero se compromete a criar animales, que no dependen de sí mismos, asume la responsabilidad y el deber de asegurarles ciertos cuidados y atenciones que mejoren su calidad de vida, esto en muchas ocasiones crea una relación de compañerismo humano-animal.

Si los sistemas PLF son diseñados sin tomar en consideración este escenario, se corre el riesgo de producirse una desanimalización donde se transforma a los animales en una unidad de producción, objeto, artefacto o una mera fuente de datos, impulsado por el propósito de obtener un alto rendimiento y una gran tasa de crecimientos [17].

También se plantea que los ganaderos pasen a ser un elemento imperceptible dentro de un sistema de gestión, donde no se le toman en cuenta sus experiencias, forma de ser, historias de vida y circunstancias personales [20], llegando incluso a presentar bajas en los puestos de trabajo dentro de las granjas debido a que los cuidados y controles se dan de forma automatizada [17].

Se debe concientizar que son los ganaderos quienes serán capaces de controlar y comprender los sistemas PLF que se

incorporen, siendo estos mismos quienes deban soportar los resultados inesperados que surjan [20].

Una última preocupación planteada es la comercialización de los sistemas PLF, donde actualmente, quienes tengan el capital pueden invertir, de manera incierta, en las limitadas opciones disponibles [17], esto debido a que gran parte de los desarrollos se encuentran en fase de prototipo, sin incluir dentro de las investigaciones, a empresas fabricantes o someterse a pruebas comerciales que denoten la fiabilidad a las partes interesadas [22].

2.5. Sensores, principio de la ganadería de precisión

Las primeras implementaciones de la ganadería de precisión se realizaron empleando sensores y dispositivos electrónicos que recolectaban información de forma continua a lo largo del tiempo, evitando la recolección manual y la pérdida de tiempo por parte de los ganaderos que supone la cría de muchos animales.

Además, la cantidad de datos generados por las lecturas de sensores permite realizar diversos análisis y propiciar una toma de decisiones acertada, ya que se tiene un valor directo sobre la variable que se desea monitorizar [20],[23].

En este sentido se han encontrado trabajos como el propuesto por Teddy Gunawan [24] donde tuvieron por objetivo crear una granja avícola inteligente, empleando un sistema operativo en tiempo real (RTOS) dentro de una placa Arduino, junto a sensores como el DHT-22 para la medición de temperatura/humedad y el MQ-135 para las lecturas de los niveles de amoníaco y dióxido de carbono dentro del recinto, variables que fueron controladas por bombillas y ventiladores.

Los resultados presentaron un buen control y monitorización empleando la librería FreeRTOS por sobre sistemas Arduino tradicionales.

Investigadores de la Universidad Islámica de Malaysia [25], también han desarrollado su propio sistema de granja avícola inteligente basándose en la implementación de sensores, electrónica y placas con microcontroladores embebidos.

Haciendo uso del concepto Maestro-Eslavo, buscaron monitorizar variables como la temperatura, humedad, niveles de amoníaco y el flujo del aire, para ello utilizaron 2 sondas de temperatura, junto a sensores DHT22 y MQ135.

Estos se conectaron al microcontrolador ATmega328 conformando así un nodo esclavo, este envía la información mediante radiofrecuencia hacia el nodo Maestro conformado por un Arduino Mega, un módulo Wifi ESP8266 y varios de radiofrecuencia (HC-12 RF).

Como resultado de esta investigación, obtuvieron que el sistema es capaz de supervisar y controlar las condiciones de la granja de manera modular mediante radiofrecuencia, logrando el parámetro de salida que fueron las distintas velocidades de los ventiladores; además, lograron el desarrollo de un sistema con una buena eficiencia energética y un reducido costo de instalación [25].

2.6. Llegada del aprendizaje automático a la avicultura

La implementación de múltiples sensores dentro de las granjas avícolas genera una cantidad de datos estructurados que pueden ser analizados por técnicas de *Machine learning*, ya que son valores etiquetados correspondientes a una variable medida.

Esto hace que sea posible aplicar técnicas de aprendizaje supervisado, pero también existen mediciones no estructuradas que deben ser analizadas mediante algoritmos de agrupación, haciendo uso del aprendizaje no supervisado [26].

Los trabajos encontrados se han centrado en asegurar la salud y bienestar de los animales, esto mediante el control del clima, alimentación, comportamiento animal y planes de acción dentro de la granja.

Investigadores liderados por Darlan Klotz utilizaron redes de memoria de corto plazo (LSTM) en combinación con algoritmos genéticos para estimar planes de acción mediante los valores obtenidos por sensores de variables como la temperatura y humedad.

Con esto, lograron obtener un *software* que interconecta múltiples granjas avícolas permitiendo la recolección de datos y propagación de los modelos de predicción a través de la red mediante un sistema central, llegando a aumentar un 5.0% el rendimiento del especialista más productivo [27].

La infección por coccidios afecta el intestino animal, dentro de los sistemas de cría de pollos de engorde es muy común debido a la alta densidad animal.

Federica Borgonovo y su equipo encontraron una relación entre los datos de la calidad del aire y el número de ooquiste, por ello crearon un dispositivo basado en un sensor que recolecta valores del estado del aire dentro de la granja, donde utilizaron un algoritmo de *k* vecinos más cercanos (*KNN*) para estimar la probabilidad cuando un número de ooquiste superase un umbral preestablecido.

De esta manera lograron identificar precozmente esta infección y demuestran la viabilidad del proyecto para la construcción de un sistema de vigilancia en tiempo real que mejore la salud de los animales [9].

La temperatura y la humedad relativa detectadas por sensores siguen siendo parámetros usados para medir las condiciones ambientales de las granjas.

Un estudio de la Universidad Politécnica de Madrid utilizó estos indicadores como variables predictoras junto al método de bosques de regresión cuantílica para generar modelos de crecimiento, bienestar y mortalidad que obtuvieron una precisión global del 81.0% donde el peso, problemas de patas y las defunciones fueron las características objetivo a estimar.

Los autores proponen este sistema para ayudar en la toma de decisiones enfatizando la capacidad de proporcionar recomendaciones que ajusten las condiciones ambientales de la granja cuando no sean óptimos [28].

2.7. Vigilancia mediante visión artificial

Nuevos enfoques de investigación se han centrado en la utilización de cámaras de alta definición o infrarrojas, que generan una gran cantidad de datos en tiempo real, lo que propicia la implementación de tecnologías de reconocimiento, detección y clasificación mediante el entrenamiento de redes neuronales, siendo las de tipo convolucional (CNNs) las más populares actualmente para este tipo de tareas [26].

El comportamiento de los pollos de engorde dentro de los comederos puede considerarse como una medida en la calidad del bienestar de las aves.

En este sentido, investigadores de la Universidad de Shandong construyeron un sistema de visión por computador para monitorizar el comportamiento alimenticio de los pollos, donde utilizaron redes neuronales convolucionales (CNNs) para predecir la probabilidad de clasificación y reconocimiento en imágenes a color y de profundidad, obtenidas por un sensor Kinect, llegando a un 99.1% dentro del resultado experimental de los datos de prueba completos pasadas 3 000 iteraciones, obteniendo también un 96.4% en la precisión media de clasificación y un recuerdo medio de clasificación de 95.8% [29].

El estrés térmico en pollos de engorde puede suponer altos costos en el funcionamiento de los sistemas de ventilación si no se identifican los momentos en que son necesarios.

Bajo este problema, el trabajo de Danilo F. López [30] y su equipo se basó en proponer un índice que estimase el confort térmico de los pollos de engorde, basándose en analizar las aglomeraciones de las aves y su índice clúster calculado por medio de variables medidas a través del procesamiento y análisis de imágenes digitales obtenidas de una cámara de vigilancia colocada en el techo de la granja.

El *software* fue desarrollado utilizando Matlab junto a técnicas de morfología matemática teniendo como resultados que las aves se agrupan menos en condiciones de alta temperatura y que el índice de aglomeración, pudo discriminar las formas en que se aglomeran las aves dependiendo de la temperatura.

Según los autores, este *software* junto a un sistema de monitoreo puede ser utilizado para detectar el estrés térmico temprano de los pollos.

Otro estudio se centró en evaluar los patrones de actividad y ocupación presentados en nueve ciclos de crecimiento en manadas de pollos de engorde utilizando cuatro cámaras Fancom BV, el *software* comercial EyeNamic™ y un sistema de análisis de imágenes.

En conjunto generan una visualización del suelo que se traduce en índices de actividad y ocupación de las aves, el cual junto a evaluaciones realizadas por expertos humanos, consiguieron descubrir relaciones estadísticas entre el tiempo que las aves pasaron en alerta durante el crecimiento, proporcionando un porcentaje sobre aquellas que mostraron problemas de lesiones en las almohadillas de las patas y quemaduras en los corvejones [31].

En Bélgica, el investigador Mohammadamin Kashiha [32] también utilizó el sistema comercial EyeNamic™ junto a tres cámaras de vigilancia continua y un modelo de predicción lineal en el tiempo, con el objetivo de identificar el mal funcionamiento en las líneas de alimentación, calefacción, ventilación y bebida.

El *software* determinó el número de píxeles de los objetos en relación con el fondo, esto se empleó para calcular el índice de distribución en respuesta a la entrada de luz.

Los resultados de este estudio mostraron que este método podía informar del 95.2% de los eventos descritos anteriormente.

Siguiendo en el análisis del comportamiento de los pollos, investigadores de la Universidad Agrícola del sur de China emplearon imágenes de video de alta definición que fueron usadas para el entrenamiento y clasificación por medio de redes neuronales profundas (DNN), específicamente *Deeplabcut*.

Su propósito fue el identificar el esqueleto de la postura que tiene un ave usando sus puntos característicos, logrando identificar las partes específicas del cuerpo empleando un modelo bayesiano ingenuo (NBM).

Obtuvieron como resultado precisiones de 75.1% en posturas de pie, 51.3% caminando, 62.7% corriendo, 93.6% comiendo, 96.2% descansando y 92.5% acicalándose, proporcionando un método no invasivo en la crianza de pollos de engorde [33].

En Indonesia, J. Khairunissa junto a su equipo, aprovecharon el algoritmo *Multi-Object Tracking* (MOT), el modelo de detección de objetos pre entrenado *Single Shot Multibox Detector* (SSD) y el algoritmo de seguimiento del centroide como método de asignación de identidad, sobre imágenes de pollos de engorde obtenidas de las cámaras de vigilancia.

El objetivo fue detectar el movimiento de varias aves durante un período determinado, obteniendo una precisión del 60.4% para el modelo que permitía analizar el comportamiento y determinar el bienestar de los pollos [34].

El virus de la influenza aviar H5N2 (R381/2008) provoca pérdidas a los criadores de pollos de engorde, pero más allá, llega también a ser una amenaza para los seres humanos.

Es por esto que investigadores como X. Zhuang y su equipo utilizaron tecnologías de visión artificial en aves inoculadas con este virus y aves sanas, con la finalidad de analizar las posturas de las aves extrayendo ciertas características claves que fueron empleadas para la clasificación automática [35].

En este proyecto se usó el algoritmo de agrupación *K-means*, el modelo de elipse para la segmentación de imágenes, el método de adelgazamiento para obtener la estructura topológica del ave y el modelo de máquina de vectores de apoyo (SVM) con la función de núcleo POLY (polinomial) para separar los pollos de engorde del fondo de la imagen.

Obtuvieron como resultado un modelo con una tasa de precisión del 99.1%, demostrando una buena capacidad de generalización que permite la identificación inteligente del estado de salud de los pollos [35].

El seguimiento de los pollos dentro de las explotaciones avícolas es una de las tareas más utilizadas para detectar comportamientos anormales.

Un estudio propuso un sistema de rastreo automático basado en el análisis de video en línea, implementando una estructura de redes convolucionales basadas en la arquitectura *AlexNet* utilizando un conjunto de 312 videos y 12 073 fotografías de entrenamiento, junto a 56 videos y 5 083 imágenes de prueba.

Los investigadores nombraron este modelo como *TBroiler*, realizando pruebas frente a otros algoritmos como el *MeanShift* (MS), el de aprendizaje multitarea (MIL), el filtro de correlación Kernel (KCF), Filtro de Correlación Adaptativo (ACF) y Seguimiento-Aprendizaje-Detección (TLD).

El sistema *TBroiler* ofreció una evaluación de rendimiento de seguimiento mixto de 73.0%, con una velocidad de procesamiento de fotogramas por segundo superior en un 30.5% a varios modelos, lo cual fue considerado como una medida aceptable. [36].

2.8. Análisis del sonido

Los animales se comunican mediante vocalizaciones que denotan sus estados causados por eventos internos o externos que alteran su comportamiento normal, el estudio del patrón vocal de los pollos de engorde mediante micrófonos y equipos de audio no invasivos, permiten un seguimiento del bienestar de estos animales [7].

Un estudio europeo tuvo por objetivo identificar y validar un modelo que describa la tasa de crecimiento en pollos de engorde, dadas las frecuencias máximas (FP) de sus vocalizaciones, recolectando sonidos y valores del peso durante 5 ciclos de producción; los investigadores emplearon el *software* Matlab 2014 para el análisis del sonido, donde determinaron las frecuencias máximas de potencia y la densidad espectral de potencia (PSD) mediante el método de Welch.

Como resultado obtuvieron un coeficiente de correlación entre los pesos observados y los predichos de un $r = 96\%$, mientras el modelo de regresión arrojó un valor significativo de $R^2 = 93\%$.

Los autores también concluyen que los sonidos emitidos por los pollos son inversamente proporcional a la edad y peso, por esto el modelo propuesto obtiene un mejor análisis las primeras semanas del ciclo cuando la frecuencia de sonidos emitidos por los animales es mayor [37].

El análisis de estornudos puede ser un indicador clínico en la aparición de enfermedades en las aves de corral, por esto se realizó un estudio donde se registraron y etiquetaron 480 minutos de sonidos un grupo de 51 pollos de engorde mediante el *software* *Audacity*, separándolos en 240 minutos para el entrenamiento, y 60 minutos para la validación [38].

El algoritmo sugerido por los autores, presenta 3 fases, la primera consta de la limpieza del sonido eliminando ruidos mediante la sustracción espectral en Matlab, como segundo paso se dividió la señal sonora en eventos y por último se clasifican

estos eventos en estornudo o no estornudo de acuerdo a las variables características extraídas de la señal, esto dio como resultado un modelo con una precisión de 88.4% en la clasificación y una sensibilidad en el conjunto de validación de 66.7% [38].

Mediante el análisis de sonido también se ha estudiado la detección del estrés en pollos de engorde como se describe en el trabajo realizado por Nikša Jakovljević, donde diseñó un clasificador basado en máquinas de vectores de soporte (SVM) estudiando un conjunto de características como: la energía, potencia, media cuadrática (RMS), *jitter*, *shimmer*, tono medio, relación entre armónicos y ruido (HNR), salidas MFFB y MFCC.

Estas características se estudiaron sobre datos de audio guardados por una empresa avícola donde un veterinario realizó el etiquetado para eventos como el estrés causado por la alta temperatura de la habitación, captura y transferencia de las aves y el mantenimiento regular del lugar, teniendo como resultado una precisión entre el 63.0% y 83.0% en la clasificación, dependiendo de la edad de las aves y analizando todas las características juntas [39].

3. Resultados

Para cada artículo utilizado dentro de este trabajo, se extrajo los países de afiliación de cada autor, de esta manera se pudo deducir que gran parte de los trabajos fueron desarrollados en el continente europeo, siendo los países de Bélgica, Países Bajos, Reino Unido e Italia quienes lideran las investigaciones relacionadas con la ganadería de precisión para la crianza de pollos de engorde.

Países como China y Estados Unidos también muestran una alta contribución de autores dentro de esta revisión como se muestra la figura 2.

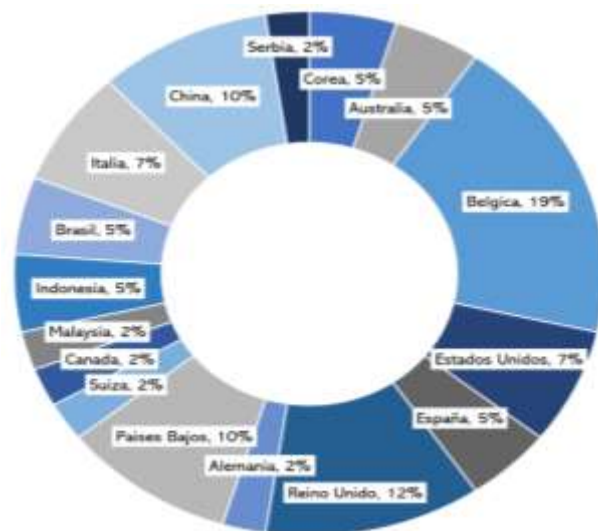


Figura 2. Porcentaje de países de afiliación de los autores.

Las principales ramas de investigación identificadas dentro de la PLF para la crianza de pollos de engorde son: Monitorización de variables mediante sensores, implementación de algoritmos de *machine learning* en las tareas de gestión, análisis del sonido de las aves y visión artificial.

Según esta revisión se puede observar en la figura 3, que los trabajos se enfocan actualmente en el análisis de imágenes mediante algoritmos de visión artificial.

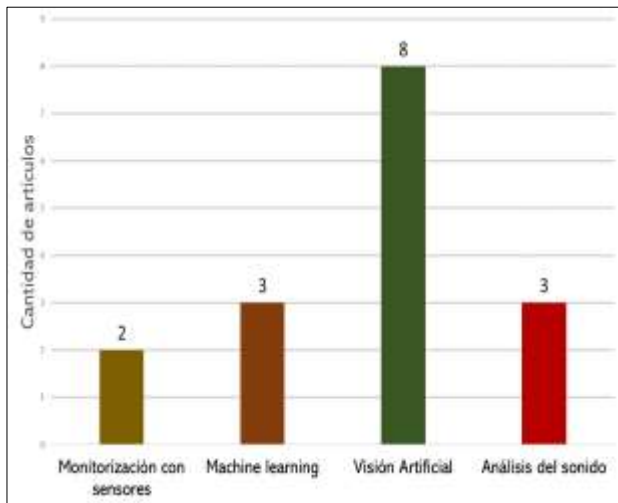


Figura 3. Principales tendencias de investigación dentro de la ganadería de precisión para pollos de engorde.

La tabla 1 recoge los artículos revisados que han tenido como objeto de estudio factores de cuidado que influyen en la crianza de pollos de engorde.

Tabla 1. Artículos relacionados a los principales cuidados en la cría de pollos de engorde y sus temas de estudio.

Artículo	Tema estudiado
Effect of Heat Stress and Stocking Density on Growth Performance, Breast Meat Quality, and Intestinal Barrier Function in Broiler Chickens.	Estrés por calor (HS) y la densidad de población (SD) en pollos de engorde.
Odour emissions from poultry litter – A review litter properties, odour formation and odourant emissions from porous materials.	Emisión de olores de la cama de pollos de engorde y sus prácticas de manejo.
Study of Internal climate of naturally and Mechanically Ventilated Broiler Houses.	Ventilación mecánica y natural en las naves de cría de pollos de engorde.

En la tabla 2 se recopila los principales artículos relacionados con el establecimiento de la ganadería de precisión como un área de estudio.

Tabla 2. Enfoque de los artículos utilizados para definir PLF.

Artículo	Enfoque del estudio
General introduction to precision livestock farming	Establecer los retos, principios y la implementación de la ganadería de precisión.
Precision Livestock Farming and Farmers' Duties to Livestock.	Estudiar las promesas de sostenibilidad y bienestar propuestos por PLF y preocupaciones éticas.
Precision Livestock Farming: an international review of scientific and commercial aspects.	Revisar los conceptos, principios, beneficios y motivación de los sistemas PLF.
Review: Precision livestock farming: building 'digital representations' to bring the animals closer to the farmer.	Abordar las técnicas para el seguimiento de animales mediante imágenes y sonido para construir "representaciones digitales" de los animales.
Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming.	Revisar los objetivos, principios, sensores y técnicas de detección en el seguimiento de animales mediante PLF.

En la tabla 3, se describen los dilemas éticos planteados por los autores dentro de sus artículos, relacionados a la implementación de tecnología basada en PLF.

Tabla 3. Artículos relacionados a la ética dentro del campo PLF y los dilemas planteados.

Artículos	Dilemas planteados
Precision livestock farming: could it drive the livestock sector in the wrong direction?.	Sistemas PLF como afianzador de la ganadería intensiva con bajo potencial de bienestar animal.
The Quantified Animal: Precision Livestock Farming and the Ethical Implications of Objectification.	Interrupción de las relaciones entre humanos y animales, objetivación de los animales por parte de la PLF.
Care ethics and animal welfare.	Ambigüedades dentro de la ética del cuidado sobre el bienestar animal.
A Systematic Review of Precision Livestock Farming in the Poultry Sector: Is Technology Focussed on Improving Bird Welfare?.	La mejora del bienestar animal como el principal objetivo en el desarrollo actual del PLF.

En la tabla 4 se identifican los principales sensores y módulos utilizados para el monitoreo de variables dentro de los recintos de cría de pollos de engorde, según los trabajos encontrados.

Tabla 4. Sensores y variables estudiadas dentro de los artículos encontrados.

Artículo	Equipos utilizados	Variables
Development of Smart Chicken Poultry Farm using RTOS on Arduino	<ul style="list-style-type: none"> - DHT-22 - MQ-135 - Arduino Mega - Módulo RTC - Placa Wifi 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad - Niveles de CO₂ - Niveles de NH₃
Development of Smart Chicken Poultry Farm	<ul style="list-style-type: none"> - DHT-22 - Sondas de temperatura - Microcontrolador ATMega328 - Arduino Mega - MQ-135 - Módulo HC-12 RF - Módulo ESP8266 Wifi 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Humedad - Nivel de NH₃ - Flujo de aire

En la tabla 5 se identifican las técnicas de *machine learning* utilizadas dentro de los trabajos encontrados, siendo empleadas en tareas de gestión, predicción y monitorización.

Tabla 5. Técnicas de aprendizaje automático empleados en PLF.

Artículo	Técnicas empleadas
Estimating and tuning adaptive action plans for the control of smart interconnected poultry condominiums.	<ul style="list-style-type: none"> - Redes de memoria de corto plazo (LSTM). - Algoritmos genéticos.
Quantile regression forests-based modeling and environmental indicators for decision support in broiler farming.	Algoritmo <i>k</i> vecinos más cercanos (<i>KNN</i>).
A Data-Driven Prediction Method for an Early Warning of Coccidiosis in Intensive Livestock Systems: A Preliminary Study.	Bosques de regresión cuantílica.

Dentro de los trabajos enfocados a la utilización de técnicas de visión artificial, se identificaron los tipos de procesamiento implementados, así como las tareas en que se centraba cada investigación dentro de la tabla 6.

Tabla 6 - Tareas identificadas y tipo de procesamiento empleado para los artículos relacionados a la visión artificial.

Artículo	Tipo de procesamiento	Tarea
Automatic Recognition of Flock Behavior of Chickens with Convolutional Neural Network and Kinect Sensor.	Redes neuronales convolucionales (CNNs).	Seguimiento
Cluster index for estimating thermal poultry stress (<i>gallus gallus domesticus</i>).	Técnicas computacionales de morfología matemática utilizando MatLab.	Seguimiento
Real-time monitoring of broiler flock's welfare status using camera-based technology.	Software comercial EyeNamic™.	Clasificación
Development of an early warning system for a broiler house using computer vision.	Software comercial EyeNamic™.	Clasificación
Pose estimation and behavior classification of broiler chickens based on deep neural networks.	Redes neuronales profundas (DNN), específicamente <i>Deeplabcut</i> .	Seguimiento y clasificación
Detecting Poultry Movement for Poultry Behavioral Analysis using The Multi-Object Tracking (MOT) Algorithm Jasmine.	Modelos <i>Multi-Object Tracking</i> (MOT), <i>Single Shot Multibox Detector</i> (SSD) y el algoritmo de seguimiento del centroide.	Detección y seguimiento
Development of an early warning algorithm to detect sick broilers.	Algoritmo de agrupación K-means y el modelo de elipse.	Clasificación
Comparative study on poultry target tracking algorithms based on a deep regression network.	Redes convolucionales basadas en la arquitectura <i>AlexNet</i> . Algoritmos como: MeanShift (MS), el de aprendizaje multitarea (MIL), el filtro de correlación Kernel (KCF), Filtro de Correlación Adaptativo (ACF) y Seguimiento-Aprendizaje-Detección (TLD).	Seguimiento

En aquellos artículos relacionados al análisis de sonido, se desglosa en la tabla 7 el tipo de audio estudiado.

Tabla 7 - Sonidos de los pollos de engorde estudiados en los artículos de referencia.

Artículo	Sonidos analizados
Sound analysis to model weight of broiler chickens.	Frecuencias máximas (FP) de vocalizaciones de los pollos.
Development of sound-based poultry health monitoring tool for automated sneeze detection.	Estornudos de las aves.
A Broiler Stress Detection System Based on Audio Signal Processing.	Sonidos producto de eventos como el estrés causado por las altas temperaturas, captura y transferencia de las aves y el mantenimiento regular del lugar.

4. Conclusiones

Los avances en tecnología cada vez se integran más a los viejos sistemas de producción de alimentos con la finalidad de resolver los nuevos retos propuestos por el crecimiento de la población, contaminación ambiental, producción intensiva y el bienestar animal.

Es bajo estos problemas que se ha planteado a la ganadería de precisión como una posible evolución en nuestra forma de producir alimento de origen animal.

Al término de esta revisión se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La ganadería de precisión puede ser asemejada con el término de “granjas inteligentes”, sin embargo, ésta ha sido establecida como una ciencia multidisciplinaria mediante principios, objetivos, discusiones éticas, tendencias de investigación y sobre todo, una comunidad de investigadores internacionales.
- Los países que han desarrollado investigaciones dentro de la ganadería de precisión son en su mayoría del continente europeo. Esto se puede deber a las inversiones realizadas por la Unión Europea para el desarrollo de este campo como lo es Congreso Europeo de ganadería de precisión [40] y la Asociación Europea de ganadería de precisión [41].
- Entre las tendencias de investigación dentro de la ganadería de precisión se encontró que los sistemas basados en visión artificial han cobrado mayor relevancia, esto debido a la existencia de *software* comerciales como el EyeNamic™ o simplemente a la cantidad de datos obtenidos de cámaras de vigilancia, ya que es el método de monitorización que menos intervención causa a los animales.
- Dentro de esta ciencia aún se siguen discutiendo dilemas éticos respecto al tratamiento de los animales, por lo que cualquier investigación debe contemplar la salud y el bienestar animal acompañado por el asesoramiento de expertos dentro de estos campos como lo son los veterinarios.

➤ Los proyectos realizados deben avanzar a las etapas de comercialización mediante pruebas de rendimiento en entornos de exigencia industrial, para que de esta manera se logre un impacto evidente de los beneficios que ofrece este campo.

En Panamá se debe fortalecer el sector productor avícola con nuevas herramientas tecnológicas enfocadas en la ganadería de precisión.

Es por esto por lo que se espera esta revisión sirva como un primer acercamiento para crear un marco de investigación común en los proyectos de esta índole y que promueva la cooperación entre las distintas ramas involucradas en esta ciencia dentro de nuestro país.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), mediante el programa de movilidad internacional saliente estudiantil hacia la Universidad de Salamanca, España.

Agradecimientos al Dr. Cristian Pinzón del grupo de investigación Robótica, Sistemas Inteligentes y Simulación, de la Universidad Tecnológica de Panamá, centro regional de Veraguas.

A los investigadores del grupo *Expert Systems and Applications Laboratory* de la Universidad de Salamanca por el conocimiento e ideas compartidas.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), “Panamá en Cifras 2015-2019,” 2019. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1083&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45 (accessed Nov. 29, 2021).
- [2] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, “FAO - Noticias: 2050: un tercio más de bocas que alimentar.” <https://www.fao.org/news/story/es/item/35675/icode/> (accessed Nov. 29, 2021).
- [3] M. M. Rojas-Downing, A. P. Nejadhashemi, T. Harrigan, and S. A. Woznicki, “Climate change and livestock: Impacts, adaptation, and mitigation,” *Clim. Risk Manag.*, vol. 16, pp. 145–163, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.CRM.2017.02.001.
- [4] S. Neethirajan, “The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming,” *Sens. Bio-Sensing Res.*, vol. 29, p. 100367, Aug. 2020, doi: 10.1016/J.SBSR.2020.100367.
- [5] T. Van Herlem *et al.*, “Appropriate data visualisation is key to Precision Livestock Farming acceptance,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 138, pp. 1–10, Jun. 2017, doi: 10.1016/J.COMPAG.2017.04.003.
- [6] T. Norton, C. Chen, M. L. V. Larsen, and D. Berckmans, “Review: Precision livestock farming: building ‘digital representations’ to bring the animals closer to the farmer,” *Animal*, vol. 13, no. 12, pp. 3009–3017, Jan. 2019, doi: 10.1017/S175173111900199X.
- [7] I. Fontana, E. Tullo, A. Butterworth, and M. Guarino, “An innovative approach to predict the growth in intensive poultry farming,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 119, pp. 178–183, Nov. 2015, doi: 10.1016/J.COMPAG.2015.10.001.
- [8] P. Stevenson, “Precision livestock farming: could it drive the livestock sector in the wrong direction,” *Compassion World Farming. Recuper. a partir https://www.ciwf.org.uk/media/7431928/plf-could-it-drive-the-livestock-*

- sector-in-the-wrong-direction. pdf, 2017, [Online]. Available: <https://www.ciwf.org.uk/media/7431928/plf-could-it-drive-the-livestock-sector-in-the-wrong-direction.pdf>.
- [9] F. Borgonovo, V. Ferrante, G. Grilli, R. Pascuzzo, S. Vantini, and M. Guarino, "A Data-Driven Prediction Method for an Early Warning of Coccidiosis in Intensive Livestock Systems: A Preliminary Study," *Anim. 2020*, Vol. 10, Page 747, vol. 10, no. 4, p. 747, Apr. 2020, doi: 10.3390/ANI10040747.
- [10] D. Berckmans, "General introduction to precision livestock farming," *Anim. Front.*, vol. 7, no. 1, pp. 6–11, Jan. 2017, doi: 10.2527/AF.2017.0102.
- [11] Comisión Europea, "Bright Farm de ganadería de precisión | Proyecto EU-PLF | Hoja de datos | FP7 | CORDIS | Comisión Europea." <https://cordis.europa.eu/project/id/311825/es> (accessed Dec. 02, 2021).
- [12] I. Halachmi, "Precision livestock farming applications," *Precis. Livest. farming Appl.*, May 2015, doi: 10.3920/978-90-8686-815-5.
- [13] M. Egan, "Proceedings of the Precision Livestock Farming '19 | EA-PLF," in *Papers presented at the 9th European Conference on Precision Livestock Farming*, Aug. 2019, pp. 1–924, Accessed: Dec. 02, 2021. [Online]. Available: <https://www.eaplf.eu/2021/07/proceedings-of-the-precision-livestock-farming-19/>.
- [14] D. Goo, J. H. Kim, G. H. Park, J. B. D. Reyes, and D. Y. Kil, "Effect of Heat Stress and Stocking Density on Growth Performance, Breast Meat Quality, and Intestinal Barrier Function in Broiler Chickens," *Anim. 2019*, Vol. 9, Page 107, vol. 9, no. 3, p. 107, Mar. 2019, doi: 10.3390/ANI9030107.
- [15] M. W. Dunlop, P. J. Blackall, and R. M. Stuetz, "Odour emissions from poultry litter – A review litter properties, odour formation and odorant emissions from porous materials," *J. Environ. Manage.*, vol. 177, pp. 306–319, Jul. 2016, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2016.04.009.
- [16] In-Bok Lee, Byoeng-Ki You, Kyu-Hong Choi, Jong-Gil Jeun, and Gyeong-Won Kim, "Study of Internal climate of naturally and Mechanically Ventilated Broiler Houses," Nov. 2013, doi: 10.13031/2013.13871.
- [17] I. Werkheiser, "Precision Livestock Farming and Farmers' Duties to Livestock," *J. Agric. Environ. Ethics 2018 312*, vol. 31, no. 2, pp. 181–195, Feb. 2018, doi: 10.1007/S10806-018-9720-0.
- [18] D. Berckmans, "Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming," *Livest. Prod. Soc.*, 2006, doi: 10.3920/978-90-8686-567-3.
- [19] T. M. Banhazi *et al.*, "Precision Livestock Farming: An international review of scientific and commercial aspects," *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 1–9, Sep. 2012, doi: 10.25165/IJABE.V5I3.599.
- [20] J. M. Bos, B. Bovenkerk, P. H. Feindt, and Y. K. van Dam, "The Quantified Animal: Precision Livestock Farming and the Ethical Implications of Objectification," *Food Ethics 2018 21*, vol. 2, no. 1, pp. 77–92, Nov. 2018, doi: 10.1007/S41055-018-00029-X.
- [21] D. Engster, "Care ethics and animal welfare," *J. Soc. Philos.*, vol. 37, no. 4, pp. 521–536, Dec. 2006, doi: 10.1111/J.1467-9833.2006.00355.X.
- [22] E. Rowe, M. S. Dawkins, and S. G. Gebhardt-Henrich, "A Systematic Review of Precision Livestock Farming in the Poultry Sector: Is Technology Focussed on Improving Bird Welfare?," *Anim. 2019*, Vol. 9, Page 614, vol. 9, no. 9, p. 614, Aug. 2019, doi: 10.3390/ANI9090614.
- [23] J. Astill, R. A. Dara, E. D. G. Fraser, B. Roberts, and S. Sharif, "Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 170, p. 105291, Mar. 2020, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105291.
- [24] T. S. Gunawan, M. F. Sabar, H. Nasir, M. Kartiwi, and S. M. A. Motakabber, "Development of Smart Chicken Poultry Farm using RTOS on Arduino," *2019 IEEE Int. Conf. Smart Instrumentation, Meas. Appl.*, pp. 1–5, Aug. 2019, doi: 10.1109/ICSIMA47653.2019.9057310.
- [25] H. Mansor, A. N. Azlin, T. S. Gunawan, M. Md Kamal, and A. Z. Hashim, "Development of Smart Chicken Poultry Farm," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 498–505, May 2018, doi: 10.11591/IJEECS.V10.I2.PP498-505.
- [26] A. Yaseer and H. Chen, "A Review of Sensors and Machine Learning in Animal Farming," *2021 IEEE 11th Annu. Int. Conf. CYBER Technol. Autom. Control. Intell. Syst.*, pp. 747–752, Jul. 2021, doi: 10.1109/CYBER53097.2021.9588295.
- [27] D. F. Klotz *et al.*, "Estimating and tuning adaptive action plans for the control of smart interconnected poultry condominiums," *Expert Syst. Appl.*, vol. 187, p. 115876, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.ESWA.2021.115876.
- [28] A. Diez-Olivan, X. Averós, R. Sanz, B. Sierra, and I. Estevez, "Quantile regression forests-based modeling and environmental indicators for decision support in broiler farming," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 161, pp. 141–150, Jun. 2019, doi: 10.1016/J.COMPAG.2018.03.025.
- [29] H. Pu, J. Lian, and M. Fan, "Automatic Recognition of Flock Behavior of Chickens with Convolutional Neural Network and Kinect Sensor," <https://doi.org/10.1142/S0218001418500234>, vol. 32, no. 7, Mar. 2018, doi: 10.1142/S0218001418500234.
- [30] D. F. Pereira, F. A. A. Lopes, L. R. A. G. Filho, D. D. A. Salgado, and M. M. Neto, "Cluster index for estimating thermal poultry stress (gallus gallus domesticus)," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 177, p. 105704, Oct. 2020, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105704.
- [31] A. Peña Fernández *et al.*, "Real-time monitoring of broiler flock's welfare status using camera-based technology," *Biosyst. Eng.*, vol. 173, pp. 103–114, Sep. 2018, doi: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2018.05.008.
- [32] M. Kashiha, A. Pluk, C. Bahr, E. Vranken, and D. Berckmans, "Development of an early warning system for a broiler house using computer vision," *Biosyst. Eng.*, vol. 116, no. 1, pp. 36–45, Sep. 2013, doi: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2013.06.004.
- [33] C. Fang, T. Zhang, H. Zheng, J. Huang, and K. Cuan, "Pose estimation and behavior classification of broiler chickens based on deep neural networks," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 180, p. 105863, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.COMPAG.2020.105863.
- [34] J. Khairunissa, S. Wahjuni, I. R. H. Soesanto, and W. Wulandari, "Detecting Poultry Movement for Poultry Behavioral Analysis using the Multi-Object Tracking (MOT) Algorithm," *Proc. 8th Int. Conf. Comput. Commun. Eng. ICCCE 2021*, pp. 265–268, Jun. 2021, doi: 10.1109/ICCCE50029.2021.9467144.
- [35] X. Zhuang, M. Bi, J. Guo, S. Wu, and T. Zhang, "Development of an early warning algorithm to detect sick broilers," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 144, pp. 102–113, Jan. 2018, doi: 10.1016/J.COMPAG.2017.11.032.
- [36] C. Fang, J. Huang, K. Cuan, X. Zhuang, and T. Zhang, "Comparative study on poultry target tracking algorithms based on a deep regression network," *Biosyst. Eng.*, vol. 190, pp. 176–183, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.BIOSYSTEMSENG.2019.12.002.
- [37] I. Fontana *et al.*, "Sound analysis to model weight of broiler chickens," *Poult. Sci.*, vol. 96, no. 11, pp. 3938–3943, Nov. 2017, doi: 10.3382/PS/PEX215.
- [38] L. Carpentier, E. Vranken, D. Berckmans, J. Paeshuyse, and T. Norton, "Development of sound-based poultry health monitoring tool for automated sneeze detection," *Comput. Electron. Agric.*, vol. 162, pp. 573–581, Jul. 2019, doi: 10.1016/J.COMPAG.2019.05.013.
- [39] N. Jakovljevic, N. Maljkovic, D. Miskovic, P. Knezevic, and V. Delic, "A Broiler Stress Detection System Based on Audio Signal Processing," *27th Telecommun. Forum, TELFOR 2019*, Nov. 2019, doi: 10.1109/TELFOR48224.2019.8971336.
- [40] "Vetmeduni : ECPLF." <https://www.vetmeduni.ac.at/ecplf2022/ecplf> (accessed Feb. 15, 2022).
- [41] "EA-PLF | European Association for Precision Livestock Farming." <https://www.eaplf.eu/> (accessed Feb. 15, 2022).

ABI: Una aplicación móvil para consultar y reportar medidas de bioseguridad por COVID-19 en Panamá

Belén Bonilla-Morales ^{a1} , Raúl I. Ramírez B. ^{b2} , Ana G. Saa Morales² , Analissa Santos

Quiel² 

Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, República de Panamá,
¹Departamento de Ingeniería de Software, ²Licenciatura en Ingeniería de Software
 {belen.bonilla; raul.ramirez; ana.saa; analissa.santos}@utp.ac.pa
 DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3683



Resumen: A raíz de la pandemia actual por Covid-19, generada por el virus SARS-CoV-2, la mayoría de los países del mundo, incluyendo a Panamá, han implementado diferentes medidas de bioseguridad como estrategia para disminuir la tasa de contagios por este virus. En nuestro país, la reapertura de los diferentes comercios, empresas, sitios de recreación y demás lugares de asistencia colectiva, y su continuo funcionamiento, están directamente condicionados al cumplimiento de las medidas de bioseguridad establecidas como obligatorias por parte de las autoridades de salud y el Gobierno Nacional. Sin embargo, para la población en general resulta difícil conocer de manera directa y específica si estos lugares están cumpliendo con las medidas y poder determinar si es seguro asistir a ellos. Por tal motivo, a través de este trabajo proponemos el desarrollo de ABI, una aplicación móvil que permite consultar y reportar, en tiempo real, el grado de cumplimiento de las diferentes medidas de bioseguridad en el país, aportando así con la difusión de información importante para la población. Se emplea la metodología de diseño centrado en el usuario para el desarrollo del prototipo de la aplicación. Durante la validación se determina que la aplicación contribuiría en aumentar el nivel de confianza de los usuarios para salir de sus hogares en pandemia; también se obtiene un nivel de satisfacción alto en el uso del prototipo, por parte de los usuarios, quienes indican que es eficaz, fácil de usar y que la recomendarían a otras personas; lo que nos lleva a concluir que la aplicación tendría un alto nivel de aceptación en la población en general.

Palabras clave: aplicación móvil, COVID-19, diseño centrado en el usuario, medidas de bioseguridad.

Title: ABI: A mobile application to report and consult biosecurity measures due to COVID-19 in Panama.

Abstract: In the wake of the current COVID-19 pandemic; caused by the spread of the SARS-CoV-2 virus, most countries in the world, including Panama, established mandatory biosecurity measures to reduce the number of infections by this virus. In our country, the reopening of establishments, businesses, recreational areas and other places of mass gathering, and the continuity of their operations, directly depend on compliance with the mandatory biosafety guidelines previously established by the health authorities and the National Government. However, it is difficult for citizens to know if these establishments are following biosafety guidelines and to determine if it is safe to visit these places. For these reasons, throughout this work the development of ABI is proposed, a mobile application that will allow users to consult and report in real time how different establishments are following biosafety measures. By disseminating this valuable information to citizens, their level of confidence when they decide to leave home will increase. The user-centered design framework was followed to develop the prototype of this application. During the validation phase, it was determined that the application would contribute to increase the confidence of users when leaving their homes. Furthermore, users expressed a significant level of satisfaction with the prototype, indicating that the application is efficient, easy to use, and that they will recommend it to others. For these reasons, we can infer that the application would have an important level of acceptance within the Panamanian population.

Key words: mobile Application, COVID-19, user centered design, biosecurity guidelines.

Tipo de artículo:

Fecha de recepción: 24 de agosto de 2022.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

La enfermedad por coronavirus de 2019, mejor conocida como COVID-19 es una enfermedad infecciosa causada por el SARS-CoV-2 [1], que se propaga cuando los ojos, la nariz o la boca entran en contacto directo con gotas de Flügge que contienen el virus [2].

El 9 de marzo del año 2020, las autoridades de salud de la República de Panamá reportan el primer caso de COVID-19 en el país, lo que provocó la activación de distintos protocolos de bioseguridad, empezando con la suspensión de clases en la provincia de Panamá [3]. Días más tarde, el 11 de marzo del año 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) caracterizó a la COVID-19 como una pandemia [4].

A raíz del reporte de distintos casos en Panamá, y siguiendo las recomendaciones internacionales, el Gobierno Nacional ha implementado distintas medidas de bioseguridad, como lo son: el uso obligatorio de mascarillas en todo el territorio nacional [5], el uso de pantallas faciales en el transporte público [6], las restricciones de movilidad, entre otras. Estas acciones buscan mitigar el número de casos activos en el país y poder mantener la economía funcionando.

La reapertura de los diferentes comercios, empresas, sitios de recreación, entre otros, y su continuo funcionamiento están directamente relacionados con el cumplimiento de las medidas de bioseguridad. Se han definido guías y manuales de procedimientos que definen los protocolos de bioseguridad según sector operativo en el país que se deben implementar de manera obligatoria [7]. Sin embargo, actualmente resulta difícil para la población en general saber si estos lugares están cumpliendo con dichas medidas, lo cual podría determinar si visitan o se trasladan a estos. Las redes sociales existentes pueden brindar cierta información, pero esta por lo general no es precisa, ni específica; se tendría que realizar una búsqueda extensa para quizás encontrar algo de información sobre la situación de cumplimiento de las medidas de bioseguridad de un lugar puntual y probablemente la información no sea reciente.

La incertidumbre del cumplimiento de las medidas de bioseguridad, la volatilidad de la información que proviene de las redes sociales y los reportes de sanciones por incumplimiento de las regulaciones establecidas genera la necesidad de contar con algún mecanismo, herramienta o interconexión de medios que permita realizar un seguimiento más fidedigno del cumplimiento de las medidas de bioseguridad. Dicha solución se debe ajustar a los siguientes criterios y restricciones: debe obtener información directa de sus usuarios, su desarrollo y distribución no debe tomar más de 4 meses, debe ser asequible para toda la población panameña sin ningún tipo de restricción, y debe ser desarrollada de manera tal que los usuarios se familiaricen con ella en el menor tiempo posible.

Este trabajo propone el desarrollo de ABI, una aplicación móvil que permite consultar y reportar, en tiempo real, el grado de cumplimiento de las medidas de bioseguridad en distintos sitios del país, como restaurantes, centros y locales comerciales, hoteles, áreas de recreación, supermercados, entre otros. Esta aplicación trabaja con los reportes de las personas que asisten a cada sitio. Por otro lado, un objetivo derivado del desarrollo de esta aplicación es obtener información de los usuarios, durante la fase de validación, sobre la importancia que tiene para ellos el cumplimiento de las medidas de bioseguridad como condición para salir de sus hogares y reintegrarse a las actividades que eran usuales antes de la pandemia.

En la siguiente sección se presentan los antecedentes y trabajos relacionados con la solución propuesta. En la sección 3 se presenta el diseño y la metodología empleada para el desarrollo y validación de la solución. En la sección 4 se presentan los resultados de la construcción y validación de la solución, así como su correspondiente discusión. Finalmente, se concluye el artículo y se presentan recomendaciones para trabajos futuros en la sección 5.

2. Antecedentes y trabajos relacionados

El virus SARS-CoV-2; causante de la COVID-19, al mantenerse suspendido en el aire por periodos de tiempo extendidos y viajar largas distancias, puede transmitirse mediante contacto directo, indirecto o mediado de secreciones infectadas con este [8].

Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) recomiendan como medidas para desacelerar la propagación de la COVID-19 el uso de mascarillas, el distanciamiento social, evitar aglomeraciones y recibir la vacuna contra la COVID-19 [9].

Las autoridades de salud de la República de Panamá reportan al 21 de junio de 2021, la aplicación de 1 441 439 dosis de la vacuna contra la COVID-19. Esto representa un 22.5% de la población con al menos una dosis de la vacuna y un 11.5% de la población completamente inmunizada [10].

Por otra parte, es necesario resaltar que la inmunidad de rebaño es la protección indirecta adquirida cuando una población es inmune a una enfermedad mediante vacunación o la inmunidad generada luego de contraer la enfermedad [11]. El porcentaje de población necesario para adquirirla varía según la enfermedad; para la COVID-19, este aún no ha sido determinado, pero se considera un 70% [12].

A pesar de que se estima completar la inmunización de la población panameña en el mes de septiembre de este año, la experiencia internacional [13] [14] nos indica que debemos continuar cumpliendo con las medidas de bioseguridad aun cuando el proceso de vacunación esté en marcha.

Por otro lado, como acción para mitigar el impacto de la pandemia alrededor del mundo se han desarrollado aplicaciones software de apoyo de las cuales destacamos las siguientes categorías:

- Monitoreo de síntomas de Covid-19: dedicadas a monitorear los síntomas de sus usuarios a manera de control para contagiados de COVID-19 o para prevención del contagio. Entre estas destacan: How We Feel [15], PRA Mobile Health Platform [16].
- Información de Covid-19: con la función de obtener información básica sobre la enfermedad referente a síntomas, prevención, vacunación y otras noticias, estadísticas y gráficos. Entre estas destacan: COVID-19 [17], Coronavirus-SUS. [18].
- Trazabilidad de exposición al virus: dedicadas a mostrar los momentos en que el usuario estuviese en contacto con otro usuario que haya resultado infectado. Entre estas destacan: NHS COVID-19 [19], CoronaMadrid [20], Protégete Panamá [21].
- Control de citas y movilidad: que permiten a los usuarios agendar citas. Entre estas destacan: Fluyapp [22], MyTurn [23].

3. Diseño y Metodología

Tras realizar una lluvia de ideas y valorar los criterios y restricciones para la posible solución, se consideraron como soluciones al problema planteado las siguientes: interconexión de cámaras de videovigilancia, interconexión de redes sociales, trazabilidad al ingresar a un sitio mediante códigos QR, y aplicación de software para dar seguimiento al cumplimiento de las medidas de bioseguridad en diferentes lugares o sitios de Panamá.

La interconexión de cámaras de videovigilancia y la trazabilidad al ingresar a un sitio mediante códigos QR requerían que todos los sitios incluidos implementaran los mecanismos necesarios para hacer funcional la solución, lo que afectaría la asequibilidad de esta. La interconexión de redes sociales, así

como la de las cámaras de videovigilancia representaban riesgos de privacidad y seguridad para los usuarios lo que se traduce en un posible rechazo de estos sistemas, por ende, se descartaron dichas soluciones. Finalmente, se optó por una aplicación software, puesto que, es la solución que más se ajusta a los requerimientos y restricciones que se habían planteado en primera instancia.

Para el desarrollo de la solución propuesta se siguió la metodología de diseño centrado en el usuario, la cual utiliza procesos iterativos de observación, generación de ideas, prototipos y pruebas [24].

3.1 Análisis Contextual

La primera fase de la metodología de diseño centrado en el usuario tiene como objetivo definir los futuros usuarios de la aplicación y la forma cómo estos la utilizarán. Para obtener información que permita lograr este objetivo, se decidió aplicar una encuesta.

Se determinó que la población de estudio serían los panameños que tuviesen acceso a internet, cifra que, según el banco mundial, en el año 2019 ascendía a 2 701 645 personas, el 63,628% de la población panameña en ese año [25]. Se utilizó la calculadora del tamaño de la muestra de Survey Monkey [26] para obtener que la muestra a emplear para la aplicación de la encuesta, con un 95% de confianza y un margen de error de 8%, sería de n =151 personas. Para elaborar la encuesta se utilizó la plataforma Microsoft Forms.

Con este sondeo pudimos determinar los lugares que más se frecuentan desde que inició la pandemia. Los resultados de la encuesta nos permitieron categorizar los sitios en supermercados, hoteles, centros comerciales, áreas recreativas, gimnasios y restaurantes.

De igual manera, en base a la información analizada de la encuesta, se empleó la técnica personas [27] para plantear quiénes son los futuros usuarios, y para qué utilizarán el producto. A partir de esto, se determinaron los rangos de edad de nuestros usuarios que interpolan de 15-18 años para la categoría de adolescentes, 19-35 años para jóvenes adultos y de 36 años en adelante para la categoría de adultos/ adultos mayores. Por otro lado, a partir de dichos rangos de edad se determinaron consideraciones útiles a tomar en cuenta al momento del diseño como: idioma, limitaciones visuales, limitaciones motoras y experiencias tecnológicas de los diferentes rangos de edad.

3.2 Definición de los requerimientos

En la fase de definición de los requerimientos, se utilizaron los productos de trabajo de la fase anterior para determinar que la aplicación debe ser una aplicación móvil, disponible las 24 horas del día; debe permitir al usuario consultar en tiempo real las medidas de bioseguridad de cualquier sitio a nivel nacional, y para ello debe integrarse con Google Maps, y utilizar la ubicación GPS. Además, el usuario debe ser capaz de verificar y calificar las medidas de bioseguridad de los lugares a los que desea asistir o asiste.

En base a estos requerimientos, se planteó una arquitectura de microservicios, lo que permitirá utilizar distintos tipos de tecnologías y lenguajes de programación para desarrollar la aplicación. Además, facilitará la integración y escalabilidad con aplicaciones de terceros, permitirá la mejora rápida y continua de las funcionalidades de la aplicación, y simplificará y hará menos costoso su mantenimiento.

Por otro lado, se determinó que es necesario respetar la privacidad de los usuarios por lo que la ubicación de estos se almacenará localmente, y no en los servidores de la aplicación. Además, la aplicación se conectará al Places SDK de Google Maps, lo que reducirá la necesidad de cargar de manera manual los sitios o lugares a la base de datos de la aplicación.

En la figura 1 se presenta un diagrama de despliegue, una de las vistas de la arquitectura para la aplicación móvil propuesta.

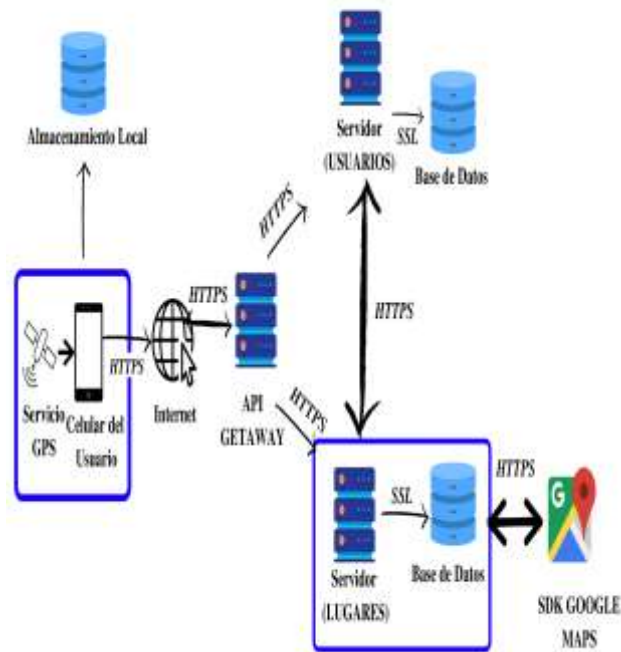


Figura 1. Diagrama de despliegue para la aplicación móvil propuesta.

3.3 Diseño

Definidos los requerimientos, se inició la fase de diseño. Se confeccionaron wireframes en papel para unificar ideas y características del diseño de la aplicación. Una vez unificadas las ideas, se desarrolló el wireframe del prototipo que antecedió al prototipo funcional de alta fidelidad. La figura 2 muestra a la izquierda el prototipo en papel, y a la derecha una pantalla del wireframe. Tanto el wireframe del prototipo como el prototipo de alta fidelidad se desarrollaron con el software Figma [28].



Figura 2. Prototipo en papel y wireframe de la aplicación.

3.4 Evaluación

El diseño centrado en el usuario tiene al usuario como centro de su metodología, por lo que, en la fase de evaluación se realizaron pruebas de usabilidad a 25 usuarios utilizando las herramientas Microsoft Teams y Microsoft Forms.

En estas pruebas de usabilidad se les pidió a los usuarios que utilizaran el prototipo funcional para consultar las medidas de bioseguridad de un sitio cualquiera, e hicieran un reporte de las medidas de dicho lugar simulando que asistieron a este. También, se midió el tiempo que les tomaba completar cada tarea, el grado de satisfacción al utilizar la aplicación para ello, y si pudieron completar la tarea o no.

4. Resultados

Los resultados incluyen la construcción y validación del prototipo para la aplicación móvil y sus oportunidades de desarrollo en base a las pruebas realizadas.

4.1 Construcción y Validación del prototipo

Tras haber realizado el esquema de diseño de la aplicación se obtuvo la primera versión del prototipo.

En la figura 3 se muestran algunas vistas del prototipo con las principales funcionalidades de la aplicación: la visualización de medidas de bioseguridad en un sitio específico, opiniones de los usuarios y calificación de sus visitas a dicho lugar en cuanto al manejo que tiene el establecimiento en medidas de bioseguridad.

Como parte de la validación, se realizaron pruebas de usabilidad a usuarios de diferentes rangos de edad. Durante estas pruebas se midió la eficacia, facilidad de uso y satisfacción de los usuarios al utilizar la aplicación para realizar dos tareas: revisar las medidas de bioseguridad de un sitio y reportar las medidas de bioseguridad de un sitio visitado.

Las métricas utilizadas para determinar la eficacia de la aplicación fueron: 0 si los usuarios no completaban la tarea, 0.5 si realizaban la tarea de forma incompleta y 1 si completaban la

tarea. Doce usuarios culminaron la primera tarea de forma incompleta y 13 la completaron exitosamente. Catorce usuarios no completaron la segunda tarea en su totalidad, mientras que 11 la completaron satisfactoriamente.



Figura 3. Prototipo de alta fidelidad de interfaz de inicio e información de un sitio.

También se estudió la satisfacción del usuario y la facilidad de uso de la aplicación al realizar las tareas mencionadas anteriormente. Como se muestra en la figura 4, en promedio la facilidad de uso para la primera tarea fue de 9.08 puntos de 10 y la satisfacción del usuario al realizarla fue de 9.20 puntos de 10. Para la segunda tarea estos valores ascienden a 8.64 puntos de 10 y 8.96 puntos de 10, respectivamente.

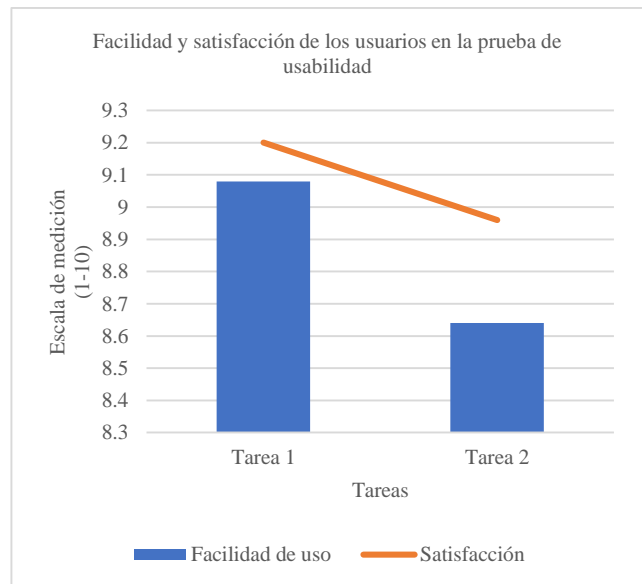


Figura 4. Facilidad y satisfacción de los usuarios en las pruebas de usabilidad.

Atendiendo a lo anterior, se identificaron las interacciones que fueron de mayor dificultad para los usuarios. Se realizaron cambios en el prototipo respondiendo a sus dificultades.

Uno de los más relevantes fue la sección de calificar un establecimiento ya que este era un proceso confuso de realizar. Por otro lado, algunos usuarios tuvieron problemas con los tamaños de las fuentes ya que estos tenían problemas de visión, y por ende se les complicaba visualizar diferentes secciones con letras pequeñas. Así mismo, se demostró que los títulos de algunas secciones del diseño se prestaban para confusión como es el caso de la sección “¿Qué hay de nuevo esta semana?”, que pretendía indicar los lugares destacados en base a sus calificaciones. Por último, se priorizó establecer mejores indicadores de acciones que se pueden realizar con la aplicación. Atendiendo a estos cambios, se optimizó la versión anterior del prototipo funcional.

La figura 5, ejemplifica algunos de los cambios realizados, muestra el antes y después de la sección de calificación de los sitios por parte de los usuarios. En esta área se eliminó la carga de actividades que el usuario debía realizar para brindar una retroalimentación, con una interfaz más sencilla y familiar para el usuario.

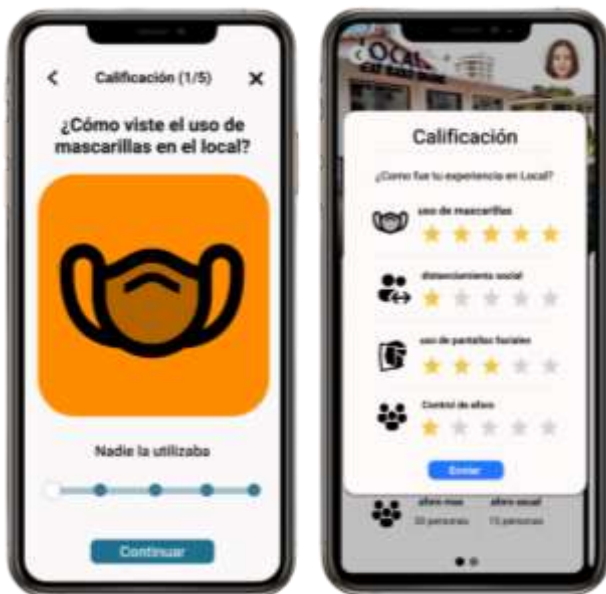


Figura 5. Comparación de cambios realizados a interfaz de calificación.

Por otro lado, se les consultó a los participantes de las pruebas qué tan probable sería que ellos recomendaran la aplicación a conocidos. Como resultado, la media de las respuestas dadas indica un 9.16 en una escala de 10, por lo que podemos extrapolar que la aplicación podría tener una gran aceptación por parte de los usuarios al ponerse en marcha.

Por último, se les preguntó a los participantes, en una escala del 1 al 5, el nivel de confianza que tendrían para salir de sus hogares, durante la pandemia, al usar esta aplicación. La media de los resultados fue de 4.24 puntos de 5.

4.2 Oportunidades de desarrollo del prototipo

Como producto de la metodología centrada en el usuario ajustamos nuestra solución de manera que el producto final sea una herramienta de valor para la población panameña. En la República de Panamá la única aplicación de bioseguridad es “Protégete Panamá” y permite que se lleve la trazabilidad de los casos de Covid-19 y sus contactos. Al revisar la literatura se encontraron sistemas enfocados a la bioseguridad, sin embargo, esta aplicación en contraste con las disponibles actualmente presenta un concepto diferente que permite al usuario ser parte del esfuerzo por detener la pandemia, al poder consultar las medidas de bioseguridad y contribuir al cumplimiento de estas, al realizar evaluaciones de los distintos sitios mediante una interacción semejante a la de redes sociales, que es familiar para el usuario final. Los usuarios no deberán preocuparse por aspectos de privacidad ni de seguridad puesto que su ubicación no dejará sus dispositivos móviles, y los reportes no podrán ser rastreados por los administradores de distintos sitios. Al utilizar una arquitectura de microservicios tenemos la posibilidad de expandir las funcionalidades de la aplicación e integrarla con servicios de terceros. La aplicación será desarrollada usando el marco de trabajo IONIC [29].

Considerando las restricciones proyectamos los siguientes costos para desarrollar y mantener la aplicación funcionando: USD 4210.00 para la compra de 4 computadoras; USD 176.00 para la compra de un celular con Android y USD 556.00 para la compra de un celular iPhone para las pruebas; USD 180.00 anuales para el almacenamiento de los servidores de la aplicación utilizando Firebase de Google, permitiendo un máximo de 14 000 000 de accesos mensuales a la data de la aplicación; un pago único de USD 25 para publicar la aplicación en Google Store y la membresía del Apple Developer Program por un costo de USD 99 anual para poder subirla en la App Store; y USD 7.00 por cada 1000 peticiones para utilizar el Places SDK de Google Maps.

A pesar de los bajos costos de desarrollo e implementación, existen algunos riesgos como la duración de la pandemia y la aceptación por parte de la población panameña.

Idealmente, buscamos que los costos referentes a producción sean patrocinados por organismos de apoyo a la innovación como SENACYT, AIG y UTP.

5. Conclusiones

En este trabajo se realizó un prototipo funcional para ABI, una aplicación móvil que permite dar seguimiento al cumplimiento de las medidas de bioseguridad por COVID-19 en el país. Durante el proceso de evaluación del prototipo, los usuarios manifestaron que para ellos es de suma importancia el cumplimiento de las medidas de bioseguridad. Las pruebas indicaron que la aplicación contribuiría en aumentar la confianza de los usuarios para salir de sus hogares en pandemia; también indicaron un nivel de satisfacción alto en el uso de la aplicación por parte de los usuarios; y que estos la recomendarían a otras personas, lo que nos lleva a concluir que la aplicación tendría un alto nivel de aceptación en la población en general. Sin embargo, al reconocer nuestras limitantes en el desarrollo del proyecto, recomendamos expandir el proceso de validación para que la extrapolación de

dichos valores sea más fiable. Finalmente, en términos de mantenimiento y mejora, la arquitectura de microservicios deja la puerta abierta para expandir el alcance de nuestra aplicación y permite desarrollarla implementando metodologías ágiles y desplegar las funcionalidades como entregables separados para que la aplicación ABI sea una mano amiga para todos los panameños.

Referencias

- [1] S. Paudel, G. Dangal, A. Chalise, T. R. Bhandari, and O. Dangal, "The Coronavirus Pandemic: What Does the Evidence Show?", *J Nepal Health Res Counc*, vol. 18, no. 1, pp. 1-9, Apr. 2020.
- [2] "Preguntas y respuestas sobre la transmisión de la COVID-19". WHO | World Health Organization. <https://www.who.int/es/emergencias/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-how-is-it-transmitted>.
- [3] Organización Panamericana de la Salud. "Cronología de actuación ante el COVID-19 - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud". PAHO/WHO | Pan American Health Organization. <https://www.paho.org/es/panama/cronologia-actuacion-ante-covid-19>.
- [4] T. Adhanom Ghebreyesus. "WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020". WHO | World Health Organization. <https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>.
- [5] República de Panamá, Dirección General de Salud Pública, "Resolución n.º 1420, Que ordena el uso de mascarillas o barbijos en todo el territorio de la República de Panamá", *Gaceta Oficial*, 29037-A, p. 11, 2 de junio de 2020. [En línea]. Disponible: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29037_A/GacetaNo_29037a_20200602.pdf.
- [6] Panamá, Dirección General de Salud Pública, "Resolución n.º 1438, Que modifica el artículo primero de la resolución N.º 1420 de 1 de junio de 2020, y dicta otras disposiciones", *Gaceta Oficial*, vol. 29286, p. 4, 15 de mayo de 2021. [En línea]. Disponible: https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29286/GacetaNo_29286_20210515.pdf.
- [7] Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral de Panamá. "Protocolos de bioseguridad para reapertura por área económica - ministerio de trabajo y desarrollo laboral". Ministerio de Trabajo y Desarrollo Laboral. <https://www.mitradel.gob.pa/protocolos-de-bioseguridad-para-reapertura-por-area-economica/>.
- [8] Organización Mundial de la Salud, "Transmisión del SARS-CoV-2: Repercusiones sobre las precauciones en materia de prevención de infecciones", julio de 2020. [En línea]. Disponible: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333390/WHO-2019-nCoV-Sci_Brief-Transmission_modes-2020.3-spa.pdf.
- [9] Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. "El COVID-19 y su salud". Centers for Disease Control and Prevention. https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/prevention.html?CDC_AA_refVal=https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/prevent-getting-sick/protect-your-home.html.
- [10] Global Change Data Lab. "Coronavirus (COVID-19) vaccinations - statistics and research". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/covid-vaccinations?country=PAN>.
- [11] Organización Mundial de la Salud. "Coronavirus disease (COVID-19): Herd immunity, lockdowns and COVID-19". WHO | World Health Organization. https://www.who.int/news-room/q-a-detail/herd-immunity-lockdowns-and-covid-19?gclid=Cj0KCQjwMaGBhD3ARIsAPvWd6iHmqMD-IPoqv9aXA9t8thVt1aqSXAD06bdMSsFvHCMw1FBwkykGwaAnlyEALw_wcB.
- [12] C. Shield, "COVID-19: ¿por qué aún no alcanzamos la inmunidad de rebaño?", *Dw*, 15 de junio de 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.dw.com/es/covid-19-por-que-aun-no-alcanzamos-la-inmunidad-de-rebaño/a-57906746>.
- [13] A. Spiro, "Israel pushes vaccines for teens as fast-spreading Delta variant stokes fears", *The Times of Israel*, 21 de junio de 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.timesofisrael.com/israel-pushes-vaccine-for-teens-amid-fears-over-fast-spreading-delta-variant/>.
- [14] BBC News, "Australia and New Zealand to start quarantine-free travel", *BBC News*, 6 de abril de 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.bbc.com/news/world-australia-56645990>.
- [15] HowWeFeel - Unete al movimiento global. (s. f.). *HowWeFeel*. <https://howwefeel.org/es-ES/>.
- [16] A global healthcare intelligence partner. (s. f.). *PRA Health Sciences*. <https://prahs.com/>.
- [17] o, N. M. b. p. (2020, 26 de marzo). COVID-19! App Store. <https://apps.apple.com/us/app/covid-19/id1504906590>.
- [18] Brasil, G. d. (2020.). Coronavirus - SUS - Apps on Google Play. *Google Play*. https://play.google.com/store/apps/details?id=br.gov.datasus.guardioes&hl=en_US.
- [19] NHS COVID-19 app. (2020). Singapore Global Centre - UNDP. <https://www.nhs.uk/conditions/coronavirus-covid-19/>.
- [20] Madrid, C. d. (2020). CoronaMadrid - Apps en Google Play. *Google Play*. https://play.google.com/store/apps/details?id=org.madrid.CoronaMadrid&hl=es_PA&gl=US.
- [21] PANAMÁ, M. D. S. (2020). Protégete Panamá - Apps on Google Play. *Google Play*. https://play.google.com/store/apps/details?id=pa.gob.protegete&hl=en_US&gl=US.
- [22] Fluyapp. (2021). Citas y Turnos en tu teléfono móvil. <https://fluyapp.com/>.
- [23] App de reservas y control de aforo | Gestión de piscinas y espacios. (2021, enero). Myturn. <https://www.myturn.es/>.
- [24] D. Norman, *The Design of Everyday Things*, United States: Revised & Expanded Edition, 2013, pp. 221-230.
- [25] World Bank. "Personas que usan internet (% de la población) - panama | data". *World Bank Open Data | Data*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/IT.NET.USER.ZS?end=2019&locations=PA&start=2019&view=bar>.
- [26] Survey Monkey. "Calculadora del tamaño de muestra | SurveyMonkey". *SurveyMonkey*. <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>.
- [27] L. Nielsen, *Personas - User Focused Design*. 2012.
- [28] Figma inc. "Figma: The collaborative interface design tool". *Figma*. <https://figma.com>.
- [29] Cross-Platform Mobile App Development: Ionic Framework. (2020). *Ionic Framework*. <https://ionicframework.com/>.

Innovación social: construyendo las bases para un desarrollo comunitario sostenible. Caso Universidad Tecnológica de Panamá

George Rodríguez,¹ , Héctor Montes^{2,4} ,
Ignacio Chang,^{1,3} 

Universidad Tecnológica de Panamá, ciudad de Panamá, República de Panamá.

¹ Facultad de Ingeniería Eléctrica, ² Centro de Investigación e Innovación Eléctrica, Mecánica y de la Industria (CINEMI), ³ Grupo de Investigación Sistemas de Control Inteligente e Informática Industrial (SCIII), ⁴ Grupo de Automatización, Robótica, e Inteligencia Artificial para Afrontar los Retos de la Sociedad (ARleS), (george.rodriguez, hector.montes1, ignacio.chang)@utp.ac.pa
DOI:10.33412/pri.v%v.%i.3286



Resumen: La pandemia por la COVID-19 ha evidenciado la necesidad de un desarrollo sostenible de nuestro país e incrementado las desigualdades sociales, implicando que los gobiernos tengan un reto mayor por reducirla. Sin embargo, no solo hay que esperar que el gobierno de turno lo enfrente, sino que todos debemos colaborar en la solución de este problema. De esta manera, las universidades, mediante actividades de investigación y desarrollo también pueden aportar. Este trabajo presenta, de manera resumida, las acciones que ha estado realizando la Universidad Tecnológica de Panamá (U.T.P.) con miras a crear comunidades innovadoras mediante propuestas y proyectos sostenibles en el tiempo, para el beneficio de sus ciudadanos. Aquí se comparten las características principales de propuestas, proyectos y los diferentes programas de desarrollo comunitario, con el fin de promocionar, divulgar y replicar las buenas prácticas con la premisa de la interacción del conocimiento de los estudiantes en la búsqueda de soluciones a los problemas de las comunidades.

Palabras clave: desigualdad social, desarrollo comunitario, innovación social, proyecto sostenible.

Title: Social innovation: building the foundations for sustainable community development. Case of the Technological University of Panama.

Abstract: The COVID-19 pandemic has highlighted the need for sustainable development in our country and increased social inequalities, implying that governments have a major challenge to reduce it. Nevertheless, we should not only wait for the current government to face it, but we must all collaborate in the solution of this problem. In this way, the universities, through research and

develop activities, can also contribute. This work presents, in summary manner, the actions that the Universidad Tecnológica de Panamá has been carrying out with the vision of creating innovative communities through sustainable projects in time, for the benefit of its citizens. The main features of the proposals, projects and the different community development programs are shared here, with the objective of promoting, disseminating and replicating good practices with the premise of the interaction of the students' knowledge in the search for solutions to the problems of the communities.

Key words: social inequality, community development, social innovation, sustainable project.

Tipo de artículo: caso de estudio.

Fecha de recepción: 12 de octubre de 2021.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

Con la preocupación de la última crisis socioeconómica agravada por la COVID-19, se vive una nueva realidad en nuestro país, al igual que en todo el mundo. Este hecho incrementa los esfuerzos encaminados en la realización de proyectos dirigidos al desarrollo sostenible de las comunidades y colectivos más vulnerables y alejadas del país y en zonas marginadas de las urbes citadinas [1].

Como señala el Banco Mundial “es necesario centrar la atención en proporcionar apoyo integral para transformar las economías locales durante y después de la pandemia con el objeto de lograr una recuperación económica y generar resiliencia” [2].

Lo que implica un diálogo permanente con autoridades gubernamentales, el sector privado, la academia, miembros de la comunidad internacional y la sociedad civil [3, 4] con vistas a coordinar acciones para garantizar planes flexibles en su diseño y en su implementación.

De esta manera, las Instituciones de Educación Superior (IES) deben aportar soluciones que contribuyan a mejorar la crisis por ser agentes de cambio. Una alternativa es a partir del empleo de técnicas de innovación social porque brinda “una solución novedosa que es más efectiva, eficiente y sostenible que las existentes, respecto a un problema social determinado” [5]. Esta alternativa requiere de las IES ya que se promovería una forma de gobernanza distinta, más inclusiva, transparente y co-creada con estudiantes y la comunidad vecina [6], y esto es así porque la innovación implica que los actores de la sociedad se apropien de las invenciones y del nuevo conocimiento, para que estos trasciendan y se transformen en soluciones a problemas sociales” [7]

Además, es de interés de los autores que el lector conozca y se involucre en la búsqueda de solución a problemas de la sociedad aportando sus conocimientos y habilidades a beneficio de ellas con proyectos de innovación sostenible en el tiempo, para mejorar la calidad de vida de los seres humanos que habitan en dichas áreas.

Es por ello por lo que, a lo largo de este documento se describirán algunos trabajos de base tecnológica que están siendo realizados con el esfuerzo e integración del personal docente, de centros de investigación y de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) para el beneficio de la sociedad. Así, en la sección 2 se describe brevemente el método que se ha utilizado para el desarrollo del presente trabajo, luego, en la sección 3, se detalla el impacto de la innovación social. Los casos de estudios se presentan en la sección 4, mientras que en la sección 5 se realiza una discusión de los hallazgos y, por último, las conclusiones se enumeran en la 6.

2. Método

El método utilizado para el desarrollo de este artículo es dependiente del tipo de trabajo estudiado. En el caso del programa de desarrollo comunitario y para los proyectos de investigación se realiza una investigación descriptiva y se presenta un resumen de ellos, teniendo en cuenta las actividades realizadas por los estudiantes.

Con relación a las propuestas de investigación y desarrollo, realizada por estudiantes y el personal docente e investigador, para efectuar el estudio de casos, cada propuesta presentada ha sido estudiada y analizada considerando tres aspectos principales, los cuales se detallan a continuación:

- El alcance del estudio, que es de carácter informativo explicativo, porque es la recopilación de los programas y proyectos realizados a beneficio de las comunidades del país, a manera de promoción y divulgación.
- Diseño de la investigación que es no experimental, porque la finalidad de este trabajo es recopilar toda la información ocurrida dentro del contexto de la investigación. Se mantiene un enfoque longitudinal de los hechos.
- Las técnicas de recolección, que consiste en la recopilación de datos, hacer un compendio y luego redactar un resumen.

De esta manera, con base en los aspectos antes indicados se obtienen las características principales de los proyectos de investigación, del programa de desarrollo comunitario y de las propuestas realizadas y su sostenibilidad en el tiempo, presentando un resumen interesante en este documento.

3. Impacto de innovación social

Como ha sido mencionado anteriormente, la innovación social busca crear o mejorar objetos o procesos nuevos a beneficio de la sociedad. Por ello, uno de los aspectos más importantes de la investigación es detectar dentro de los proyectos realizados, cuáles han tenido o tendrán mayor impacto en la sociedad, si es de innovación y su sostenibilidad en el tiempo.

Adicionalmente, se debe recopilar la información demográfica y socioeconómica de la comunidad, objeto del desarrollo del proyecto, para así evidenciar el impacto económico sostenible a la sociedad, identificando los aspectos claves, dentro de cada proyecto en estudio, que aportarán valor al enfoque de innovación y sostenibilidad para las comunidades. En otras palabras, se deben evaluar los proyectos en el aspecto social, su impacto en la sociedad y si se puede replicar a otras comunidades con necesidades similares.

4. Casos de estudios

En esta sección se presentará una descripción abreviada de algunas propuestas de investigación, de un programa de desarrollo sostenible y de dos proyectos de investigación, que han estado siendo realizados en los últimos dos años en la UTP, considerando dos diferentes modos de ejecución, el presencial y la no presencial, este último, atribuido a los protocolos de seguridad por la pandemia de la COVID-19.

4.1 Monitoreo y mitigación de deslizamientos en las áreas propensas del corregimiento de Bethania

Esta propuesta [8] realizada bajo la modalidad presencial, se enfocó en el desarrollo de un sistema de detección y prevención de riesgos, como su título menciona deslizamientos de tierra en el corregimiento de Bethania. En la figura 1 se muestran algunos ejemplos de los deslizamientos de tierra en algunas casas del corregimiento.



Figura 1. Casas con deslizamiento de tierra.



Figura 2. Sistema de monitoreo.

La implementación de sistemas automáticos de gestión antes eventos de la naturaleza, como se muestra en la figura 2, siempre serán innovadores porque cuando existe la necesidad de conocer un suceso o las condiciones del entorno para catástrofes se convierte en una herramienta para salvar vidas humanas. Es por esto por lo que este proyecto es considerado de innovación social,

ya que además de los colaboradores de esta, se debe involucrar al gobierno local y a los residentes del área.

Es importante destacar que un proyecto por más innovador que sea no siempre es de carácter sostenible ya que para eso debe autofinanciarse. Por lo antes dicho, se considera que como proyecto es insostenible en el tiempo sin un aporte del gobierno local. Propuesta en gestión de fondos por las autoridades locales.

4.2 Aplicación y efecto del uso de variadores de frecuencia en los motores del sistema de A/A del edificio 1 de la Universidad Tecnológica de Panamá (campus central)

La propuesta de proyecto [9] se basa en la reducción de consumo de energía eléctrica gracias al mejoramiento del circuito eléctrico de los sistemas de Aires acondicionados de la UTP con variadores de frecuencia. En la figura 3 se muestra una vista de las instalaciones del campus Víctor, Levi Sasso. Se realizó de manera presencial por un equipo conformado por estudiantes y docentes asesores de dos facultades.



Figura 3. Edificio 1, Campus Víctor Levi Sasso.

Dado que se crea algo nuevo o se mejora algo existente, esta propuesta como proyecto es considerada de innovación.

Por otro lado, el porcentaje de ahorro energético que producirá la implementación de este proyecto gracias al nuevo sistema de arrancadores suaves de los motores de los variadores de frecuencia, como se muestra en la figura 4, beneficiará directamente a la UTP en su gestión financiera. Al mismo tiempo, siendo una universidad estatal, se considera un ahorro a nivel del estado, que se traduce en dinero que puede ser utilizado en otras actividades para la mejora de la calidad de vida en la comunidad, con miras a balancear la desigualdad social.

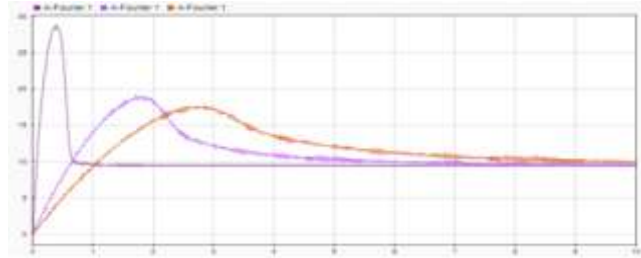


Figura 4. Gráfica de arranque suave del sistema de A/A de la UTP.

Esta propuesta al generar un ahorro económico tiene el complemento financiero requerido para considerarse un proyecto sostenible. Ya que sin la implementación efectiva de este (situación actual) se mantiene un gasto innecesario en el consumo de la energía que se traduce en pérdida de dinero. Propuesta en evaluación por la Dirección General de Ingeniería y Arquitectura (DGIA) de la UTP

4.3 Sistema integrado de seguridad universitaria

Esta propuesta de proyecto [10] consiste en la implementación de tecnología de punta para obtener mayor seguridad en las universidades, en este caso, el rastreo de las personas que entran y salen de sus instalaciones, cuyo concepto se muestra en la figura 5.



Figura 5. Sistema de ingreso vehicular.

Adicionalmente, el sistema podrá realizar el seguimiento de objetos, de propiedad de alguna persona o de la propia universidad, que hayan sido extraviados de forma fortuita o no. En la figura 6 se presenta este concepto.

Al implementar la tecnología, al servicio de los procesos actuales de seguridad y control de los bienes y usuarios de las universidades, se desarrolla un cambio significativo en el proceso de seguridad esto es base suficiente para considerar este proyecto como de innovación, y además social, ya que es para el beneficio de los usuarios o la comunidad universitaria en general.

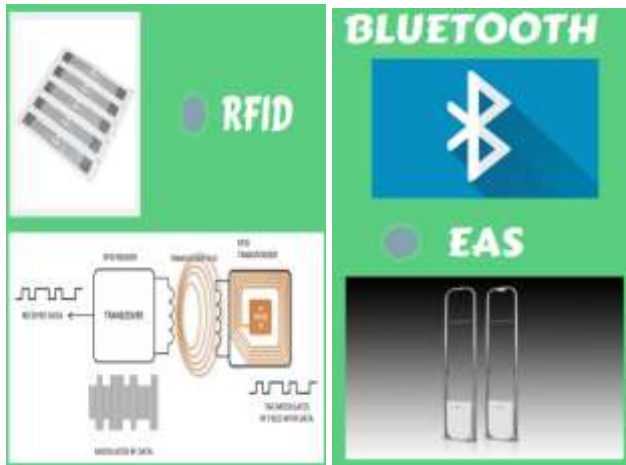


Figura 6. Tecnología de ubicación de objetos.

Al momento de la realización de esta propuesta se nota que solo podría ser realizable con financiamiento de las propias universidades, se recomienda incluir una propuesta de integración entre el usuario y el equipo de desarrollo para obtener la sostenibilidad económica y en el tiempo. Este trabajo se realizó en modalidad presencial. Propuesta en evaluación por la DGIA de la UTP.

4.4 Análisis y estudio de posible soterramiento de cables eléctricos de la calle camino real en Bethania

La propuesta [11] se basa en el soterramiento de cables de media tensión y el mejoramiento de las luminarias viales con el propósito de corregir la contaminación visual de las redes eléctricas y el ahorro energético de las luminarias viales en el camino real de Bethania. En la figura 7 se presenta una imagen actual de la contaminación visual de dos postes eléctricos de esta calle.

Esta propuesta tiene dos grandes áreas, por un lado, al soterrar los cables en las vías mejora la calidad del uso de las vías para peatones y el desarrollo urbanístico, aspecto importante en el desarrollo social.



Figura 7. Postes actuales en el corregimiento de Bethania.

Por el otro lado, la implementación de nuevas tecnologías para las luminarias Led y su ahorro energético incluye un ingrediente de innovación. En la figura 8 se muestra la proyección del corregimiento de Bethania luego de implementar el desarrollo de esta propuesta.

Se considera que el soterramiento de cables será sustentable porque implica un mejoramiento y renovación de las redes actuales y, por ende, sostenibilidad en el tiempo sería ofrecida por la empresa distribuidora de energía. Por otro lado, las luminarias al presentar un ahorro energético representan un autofinanciamiento para las mismas. Propuesta en gestión de fondos por las autoridades locales.



Figura 8. Visualización del corregimiento de Bethania.

4.5 Estrategias de diseño de una red inalámbrica con técnicas de innovación social. Caso: La Yeguada, Provincia de Veraguas

En esta propuesta se presenta el diseño de un sistema en base a señales de microondas que suministre internet al corregimiento de La Yeguada [12].

En la figura 9 se muestra una vista de la entrada del corregimiento de La Yeguada, en donde se puede intuir la falta de este servicio de conectividad global.

Para los visitantes y residentes del área este proyecto es de carácter innovador porque se introduce tecnología que aún no se instala en el sitio y es de carácter social porque es en beneficio de la comunidad de dicha área. Es importante destacar que la implementación de redes inalámbricas es una alternativa eficiente y de desarrollo para la sociedad que allí habita.

En este momento no se puede evidenciar el carácter sostenible de esta propuesta, ya que está en fase de desarrollo, sin embargo, al ser un servicio que involucra a la comunidad es evidente que necesitarán un manejo adecuado de los recursos.

Por tal razón, este proyecto al tener la necesidad de ser comercial, dependiendo del manejo post ejecución de la comunidad, podrá ser sostenible. Propuesta en gestión de fondos por las autoridades locales.



Figura 9. Imagen en el corregimiento de la Yeguada.

4.6 Desarrollo de un sistema integral participativo para mejorar y restaurar los suelos y la productividad en el Distrito de Ñurum

El mal uso de las tierras, la falta de tecnología y/o conocimientos de los habitantes de Ñurum en el uso de los suelos como base para producir alimentos, motivó al desarrollo de un sistema integral a beneficio de la comunidad [13] para capacitar y generar un aprendizaje en el mejoramiento de los suelos y ser mejores productores. En la figura 10 se muestra el corte de cinta del inicio del proyecto.



Figura 10. Corte de cinta del proyecto en Ñurum.

Este proyecto, al introducir nuevas tecnologías de desarrollo e implementar nuevas metodologías a los procesos actuales de los residentes, se considera de carácter innovador y social, ya que, el beneficio final es para los residentes del área y en este caso una necesidad tan básica como lo es, la producción de alimentos.

El producto final de este proyecto no es solo mejorar el suelo, más bien es la transferencia de conocimientos claves para la mejora de cualquier suelo y tener la capacidad de producir alimento en cualquier área. Es por eso por lo que la única dependencia de sostenibilidad de este proyecto es que exista una educación continua y la transferencia del conocimiento en el

tiempo, aspecto que mantiene el optimismo que así será; y se muestra en la figura 11 el proyecto terminado.



Figura 11. Producción de maíz en suelo mejorado.

4.7 Sistema de generación de agua potable por desalinización en Isla Casaya

La Isla Casaya, situada en el Archipiélago de las Perlas se encuentra sumergida en una gran problemática donde la falta de agua potable se ha encargado de desalentar a los habitantes de seguir viviendo en la Isla, motivándolos a abandonarla e ir vendiendo poco a poco sus tierras.

Debido a la problemática descrita anteriormente, se busca implementar una planta desalinizadora [14] de agua de mar a agua potable y poder suministrarla a toda la comunidad para así poder evitar que las personas de la Isla sigan abandonándola, provocando que pierdan sus terrenos, ya que no se posee una calidad de vida adecuada.

La propuesta diseñada de manera presencial por estudiantes y docentes asesores crea la capacidad de un desarrollo fundamental en la comunidad al poder desarrollarse y obtener el líquido vital, generando desarrollo en la comunidad y sus habitantes.

En el aspecto de sostenibilidad como es un proyecto macro a beneficio de la una gran comunidad y de todo el archipiélago debe existir un apoyo estatal o de inversión privada y crear un plan de sostenibilidad para que ese nuevo recurso genere ingresos y pueda ser autosostenible en el tiempo. Propuesta en gestión de fondos por las autoridades locales.

4.8 Apolo solar

La propuesta "Estacionamientos solares de la sede Tocumen" de la UTP [15] está conformada por cuatro fases, para que la sede Tocumen genere su propia energía gracias al sol. La fase A contempla el inicio del desarrollo del proyecto en la parte delantera del edificio de esta sede. En esta propuesta de desarrollo, se detallan los precios, planos, retorno de inversión, materiales a utilizar y un acabado simulado de cómo puede quedar en un futuro, una vez ya terminado el proyecto. Con esta propuesta de proyecto se espera reducir en gran parte la facturación de energía eléctrica que tiene la universidad y, además, se pretende firmar un convenio para futuros proyectos similares.

Al ser una propuesta destinada al ahorro energético de la UTP y al utilizar un sistema de energía renovables, crea un sistema de autogeneración de energía eléctrica. Esto provee un ahorro directo al presupuesto de la universidad e indirectamente un ahorro al presupuesto general del estado, que se traduce en mayor inversión en otras áreas de la universidad. Pero, al generar un ahorro económico, se presenta un retorno de la inversión a lo largo del tiempo que se muestra en la figura 12; por ende, el proyecto es sostenible en el tiempo. Propuesta en evaluación por la DGIA de la UTP.

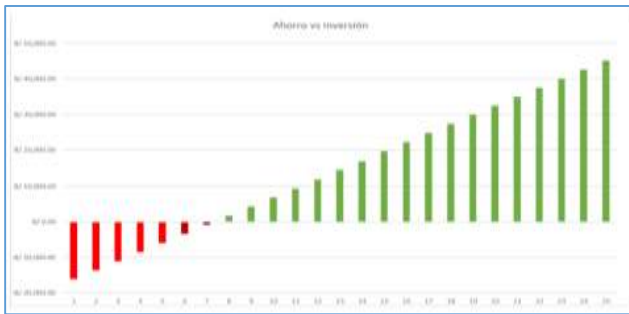


Figura 12. Gráfico del retorno de la inversión.

4.9 PRO-PAÍS: un programa UTP para un desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida

Existe un programa para promover el desarrollo comunitario desde la Facultad de Ingeniería Eléctrica de la UTP. Mediante PRO-PAÍS [16], se ha logrado desarrollar proyectos con impacto a la sociedad bajo la modalidad no presencial, con el trabajo de los estudiantes y docentes asesores.

Este programa tiene como objetivo conectar las necesidades de las comunidades con profesionales y estudiantes universitarios, con altas capacidades técnicas y sociales para desarrollar soluciones traducidas en proyectos sostenibles que sirvan de motor para la mejora sustancial de la situación socioeconómica de dicho lugar. Este concepto ayuda de manera integral al mejoramiento continuo de sus participantes, y a que los profesionales y estudiantes de la UTP aporten ayudas a la sociedad y tengan un panorama más amplio de las capacidades que han desarrollado y en dónde podrán seguir aplicándolas. La figura 13 muestra la imagen del lanzamiento del proyecto en YouTube.



Figura 13. Lanzamiento de PRO-PAÍS.

4.10 Seminario Taller de Innovación y Creatividad para Emprendedores en Turismo Cultural

También desde la educación continua se promueve el desarrollo comunitario sostenible. Evidencia de ello es este evento, el primer Seminario Taller de Innovación y Creatividad para Emprendedores en Turismo Cultural realizado del 12 al 14 de agosto de 2019 en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de la UTP ubicado en Aguadulce. El objetivo de este seminario fue "sensibilizar y promover sobre la importancia de innovar y emprender en nuevas rutas de turismo cultural que beneficien al país, en especial a las provincias centrales, y el aprovechamiento de los recursos medioambientales, históricos, monumentales y gastronómicos, entre otros, que permitan el desarrollo de emprendedores, gestores culturales, artistas que puedan generar nuevas ideas y convertirlas en productos turísticos en zonas urbanas, rurales, del turismo cultural a nivel nacional, tanto para panameños como para extranjeros"[17].

Contó con expositores internacionales y nacionales. Además, como elemento innovador, por primera vez se realizó un seminario taller de emprendedores en turismo cultural como destino turístico, que brinda al país un potencial emergente e impulsa a las provincias por las ideas creativas de los participantes facilitándoles el conocimiento y las herramientas para el diseño de un producto y convertirlo en negocio.

Si bien este proyecto no fue de investigación propiamente dicho, la parte de innovación social, creación de nuevos emprendimientos, la participación las comunidades y su alcance hacen del mismo un proyecto a ser considerado.

4.11 Proyecto MOVIDIS II

Este es un proyecto de investigación financiado por la SENACYT, con el contrato por mérito N° 99-2018-4-FID17-031, que lleva como título "Diseño e implementación de sistemas basados en las TIC para ayudas en la movilidad de personas con discapacidad visual en interiores para favorecer a su inclusión social (MOVIDIS-II)".

El diseño conceptual de este proyecto fue presentado a la comunidad científica internacional en [18-19], por medio de conferencias reconocidas. Se trata del diseño y desarrollo de dos diferentes sistemas, uno de ellos basado en teléfonos inteligentes y el otro con base a la implementación de módulos electrónicos que se comunican por radiofrecuencia (RF).

En el primero de ellos, se han diseñado y desarrollado aplicaciones para teléfonos inteligentes, basados en Android e iOS, los cuales se comunican con balizas electrónicas del tipo iBeacon, instaladas estratégicamente en el interior de edificios, para que una persona con discapacidad visual pueda movilizarse desde un punto a otro punto, de manera autónoma [20-21]. La comunicación se realiza por medio Bluetooth, y la persona es capaz de seleccionar el punto de destino, utilizando una interfaz amigable, y poder alcanzarlo siguiendo indicaciones por medio de comandos de voz que le envía el teléfono.



Figura 14. Volante promocional de la videoconferencia del proyecto MOVIDIS-II (<https://youtu.be/1bVpY4cthkU>).

En el segundo sistema, se han diseñado módulos transceptores que se comunican con etiquetas RFID (identificadores por radio frecuencia), las cuales también son instaladas en puntos estratégicos y equidistantes, señalizando la zona o punto específico de su localización [22]. El módulo transceptor también envía comandos de voz a la persona que lo porta proporcionando información precisa para que realice su desplazamiento desde un punto inicial a otro punto final del interior del edificio.

Los colaboradores del proyecto MOVIDIS-II y los grupos de investigación que lo conforman organizaron una videoconferencia internacional titulada “Promoviendo el desarrollo de ayudas tecnológica para personas con discapacidad”, con la cual se realizó una divulgación científica interesante de los resultados alcanzados dentro del proyecto y los resultados, desarrollos y gestión realizadas por otras instituciones. Dentro del contexto de este artículo, cabe destacar la participación como expositor de uno de los colaboradores estudiantiles del proyecto MOVIDIS-II. En la figura 14 se presenta el volante promocional del evento.

Los trabajos realizados dentro de este proyecto han sido llevados a cabo por medio de la colaboración activa de estudiantes e investigadores del proyecto, tanto en la modalidad presencial y en la no presencial, teniendo resultados satisfactorios. Este es un proyecto tecnológico con alto impacto en innovación social porque está realizando aportes para mejorar la calidad de vida de personas con discapacidad visual, facilitando su movilización en interiores de edificios, lo cual, a su vez, contribuye a su inclusión social. Desde el punto de vista de la sostenibilidad, se puede decir que, si los productos finales tienen un valor accesible, entonces, puede ser autosostenible. Sin embargo, esta es una actividad que debe involucrar a los gobiernos por estar plasmadas en el Plan Estratégico de

Gobierno 2019-2024 y en el PENCYT 2019-2024 [23]. Proyecto terminado.

5. Resultados y discusión

Como se ha planteado anteriormente, el aporte de las IES en actividades de investigación y desarrollo es muy importante para contribuir a un desarrollo comunitario sostenible. Sin embargo ¿cómo fomentar o promover este aspecto? No es una tarea fácil e implica que todos los actores implicados estén debidamente inducidos, reglas claras, metodología de trabajo definida y que se cumplan las directrices.

En el caso de la UTP, se cuenta con las reglamentaciones, políticas y lineamientos establecidos, así como también cierta infraestructura de apoyo para las actividades de I+D+i y una adecuada vinculación Universidad-Empresa-Estado. Nada es posible sin un norte o guía adecuado y sin un personal sensibilizado y deseoso de colaborar en la solución de problemas, aunque ello signifique aportar más tiempo e insumos propios. Sin embargo, se requiere mayor integración entre los diferentes grupos de investigación, unidades académicas y de investigación de la institución para lograr un efecto más perdurable y comprometido.

Los estudiantes participantes en los diferentes proyectos o propuestas de investigación han tenido acceso a toda la información disponible para participar en el diseño y desarrollo de la tecnología requerida y para hacer los planteamientos sustentables, respectivamente, para brindar una alternativa de solución, como se pudo observar en la sección 4.

La metodología empleada por los estudiantes para la realización de las propuestas presentadas en la sección 4 de este artículo, fue la denominada INTEGRA ME [24], que es útil para compenetrar a los estudiantes con las necesidades de las comunidades y despertar en ellos la motivación por la investigación, inclusive el emprendimiento.

Se destaca el hecho que, tanto en la modalidad presencial como en la no presencial, los estudiantes trabajaron en el diseño de la mano con la comunidad empleando técnicas de innovación social donde la comunidad les suministró la información pertinente, en el caso de las propuestas. Para el desarrollo de los proyectos, la investigación de la literatura científica, la comunicación con los investigadores, la interacción con las personas de las comunidades respectivas y la realización de pruebas experimentales, han proporcionado la información suficiente para el logro de los objetivos.

De esta manera, al involucrar a la comunidad en el diseño de la solución a sus problemas garantiza que sus moradores se empoderen de los resultados y con estos, crear las bases para un desarrollo comunitario sostenible. Además, para mejorar este proceso, deben ser instruidos para que exploten de manera sostenible sus recursos naturales y culturales.

Por último, PRO-PAÍS se convierte en el plan piloto que busca que, en las comunidades, mediante un enfoque sistémico y holístico, se logre las metas de desarrollo comunitario sostenible y con ello, los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por las Naciones Unidas.

6. Conclusiones y recomendaciones

Las principales conclusiones son las siguientes:

- Como se ha observado, para crear las bases de un desarrollo comunitario sostenible se requiere de una infraestructura, una metodología y contar con un equipo multidisciplinario de docentes, investigadores y estudiantes motivados.
- Un equipo sensibilizado con las comunidades y su problemática puede lograr soluciones a pesar de la pandemia por la COVID-19, como efectivamente se demuestra en este documento, con el apoyo de las diferentes entidades, facultades y docentes/estudiantes que han sido capaces de hacerlo.
- Ha quedado evidenciado que, ante las adversidades, si todos ponemos de nuestra parte se pueden realizar proyectos importantes y que eleven la calidad de vida de nuestros conciudadanos, "el que quiere, puede".
- Los proyectos de innovación social sostenibles en el tiempo deben, además de ser destinados al uso de las comunidades, generar un ingreso o proceso cíclico público-privado para garantizar su sostenibilidad.
- La participación de grupos de estudiantes en la búsqueda de soluciones a problemáticas reales de la sociedad genera concientización de ambas partes, porque eleva el nivel de vida de las personas en la comunidad a través de la tecnología y, por la otra, la vinculación de los estudiantes con la realidad en que viven las comunidades, y que con sus capacidades pueden ser motores de cambio.
- En la mayoría de los estudios de casos vistos se generaron publicaciones para simposios, congresos y revistas indexadas
- Se recomienda automatizar los procesos involucrados en la selección de personal tanto estudiantil como de investigación que facilite la selección de los equipos de trabajo.
- Para trabajo futuro, un análisis y verificación de las propuestas presentadas que se hayan convertido en proyectos realizados. Además, que sirvan de base para políticas institucionales.

Agradecimiento

George Rodríguez agradece al Grupo de Investigación Sistemas de Control Inteligente e Informática Industrial (SCIII) de la (UTP) el incorporarlo en los trabajos de I+D que desarrolla el grupo. Héctor Montes e Ignacio Chang agradece al proyecto MOVIDIS-II, financiado por la SENACYT con Contrato por Mérito N° FID17-031 por formar parte de este trabajo. El Dr. Montes agradece al Sistema Nacional de Investigación (SNI) por el apoyo que proporciona a sus miembros. Los autores agradecen a la Dra. Sidia Moreno por las asesorías y recomendaciones de carácter social brindadas al inicio de esta investigación.

Referencias

- [1] OIT. *La recuperación económica local en situaciones de posconflicto. Directrices*. Organización Internacional del Trabajo. Programa de Respuesta a las Crisis y Reconstrucción (OIT/CRISIS), primera edición, Suiza, 2010.
- [2] L. Cord y M. Van Nieuwkoop (2020, septiembre 22) "Transformar las economías locales para lograr una recuperación inclusiva y sostenible". Banco Mundial Blogs. Disponible en:

- <https://blogs.worldbank.org/es/voces/transformar-las-economias-locales-para-lograr-una-recuperacion-inclusiva-y-sostenible>
- [3] Naciones Unidas Perú. (2020, agosto). "Plan de respuesta y recuperación socioeconómica del sistema de naciones unidas en el Perú". Naciones Unidas Perú. Disponible en https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/PER_Socioeconomic-Response-Plan_2020.pdf
- [4] I. Chang. "Ciencia, Tecnología y Sociedad: Trinomio cuadrado perfecto de la academia". Conferencia invitada. XIV Congreso Internacional de Electrónica y Tecnologías de Avanzada -modalidad Virtual. Universidad de Pamplona, Colombia, 28-30 de octubre, 2020.
- [5] A. Villa Sánchez. "La innovación social en el ámbito universitario: una propuesta para su diagnóstico y desarrollo", *Revista Argentina de Educación Superior (RAES)*, Año 6, No 8, pp.188-218, 2014.
- [6] G. Carrasco y W. Soto. (2019, octubre). "Universidades e innovación social: desafíos, oportunidades y tendencias". [Online]. DISRUPTIVO TV. Consultada 14 de marzo de 2021 en: <https://disruptivo.tv/columnas-y-notas/universidades-e-innovacion-social-desafios-opportunidades-y-tendencias/>
- [7] E. Martínez, G. Vélez, A. L. Pérez, y R. Cardona. "La innovación social en el sistema de innovación universitario como estrategia de relación entre la universidad y la sociedad". *Universidad de Antioquia. Vicerrectoría de Extensión*. Documento de discusión. Medellín, Colombia, noviembre de 2016.
- [8] G. Contreras, C. Johnston, A. Santos, Y. Valdés, J. Vásquez y V. Zubieta. (2019, oct.). "Monitoreo y mitigación de deslizamientos en las áreas propensas del corregimiento de Bethania". Propuesta de investigación (interna). Departamento de Ingeniería de Control e Instrumentación". Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [9] A. Carrillo, R. Concepción, E. Polo, D. Quintero, J. Siza y A. Vargas. (2019, oct.). "Aplicación y efecto del uso de variadores de frecuencia en los motores del sistema de A/A del edificio 1 de la Universidad Tecnológica de Panamá (campus central)". Propuesta de investigación (interna). Departamento de Ingeniería de Control e Instrumentación". Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [10] Y. Wtges, L. Rivas, I. Saturno, J. Gutiérrez, A. Guerra, y J. Cornó. (2019, oct.). "Sistema integrado de seguridad universitaria". Propuesta de investigación (interna). Departamento de Ingeniería de Control e Instrumentación". Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [11] J. Estrada, A. García, E. Choy, R. Bonilla, D. Recinos, y D. Caballero. (2019, oct.). "Análisis y estudio de posible soterramiento de cables eléctricos de la calle camino real en Bethania". Propuesta de investigación (interna). Departamento de Ingeniería de Control e Instrumentación". Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [12] D. Alveo y M. Ayarza (2020, nov.). "Estrategias de diseño de una red inalámbrica con técnicas de innovación social. Caso: La Yeguada, Provincia de Veraguas". Propuesta de investigación (interna). Simposio de Sistemas de Control Inteligente. V Congreso de Ingeniería Eléctrica. Universidad Tecnológica de Panamá.
- [13] DICOMES. (2019, 4 de febrero). "Desarrollo de un sistema Integral para mejorar los suelos y la Productividad". [Online]. Sala de Prensa, Universidad Tecnológica de Panamá. Disponible en: <https://utp.ac.pa/desarrollo-de-un-sistema-integral-para-mejorar-los-suelos-y-la-productividad>
- [14] Y. Wtges, L. Rivas, I. Saturno, J. Gutiérrez, A. Guerra, y J. Cornó. (2019, oct.). "Sistema de generación de agua potable por desalinización en Isla Casaya". Propuesta de investigación (interna). Departamento de Ingeniería de Control e Instrumentación. Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [15] E. Choy, R. Bonilla, D. Recinos, D. Caballero, J. Estrada y A. García. (2019, oct.). "Apolo Solar: Proyecto de estacionamientos fotovoltaicos". Propuesta de investigación (interna). Dep. de Ingeniería de Control e Instrumentación". Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá.
- [16] I. Chang, H. Álvarez, M. Salgado, I. Petrocelli, y V. López. "PRO-PAÍS: Un ecosistema de aprendizaje innovador con base en proyectos y el trabajo colaborativo". X Congreso Internacional de Conocimiento e Innovación (CIKI 2020). Modalidad virtual. 19-20 de noviembre, 2020. Panamá. Disponible en <https://proceeding.ciki.ufsc.br/index.php/ciki/article/view/1006>
- [17] DICOMES. (2019, 14 de agosto) "CITT-UTP de Aguadulce realizó Taller para Emprendedores en Turismo Cultural". [Online]. Sala de prensa,

- Universidad Tecnológica de Panamá. Disponible en <https://utp.ac.pa/citt-utp-de-aguadulce-realizo-taller-para-emprendedores-en-turismo-cultural>
- [18] H. Montes, I. Chang, G. Carballeda, J. Muñoz, A. García, R. Vejarano, and Y. Saez. "Design of a System to Support the Mobility of Visually Impaired People", in Robotics transforming the future, CLAWAR 2018, Panamá, pp. 37 - 44. Disponible en: <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1874>
- [19] H. Montes, I. Chang, G. Carballeda, J. Muñoz, Y. Saez, R. Vejarano, and A. García. "Conceptual design of technological systems for the mobility of visual impairment people in indoor buildings", in IEEE- 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, Oct., 2019, Panamá, pp. 647 - 652. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8943749>.
- [20] M. Gómez, R. Vejarano y H. Montes. "Mejoramiento de la capacidad de respuesta del sistema OGeo", in ATICA2020: Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas y Accesibilidad, Veracruz, México, Nov., 2020, pp.
- [21] M. Gómez, V. Rodríguez, R. Vejarano, y H. Montes. "OGEO: Sistema de navegación interior para la orientación y movilidad de personas con discapacidad visual". RETOS XXI, Vol. 4, N° 1, pp. 1- 17, 2020. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/retoxxi/article/view/2788>
- [22] Y. Sáez, H. Montes, A. García, J. Muñoz, E. Collado, y R. Mendoza. "Indoor navigation technologies based on RFID systems to assist visually impaired people: A review and a proposal". IEEE Latin America Transactions, Vol. 19, N° 8, pp. 1286 - 1298, 2021. Disponible en: <https://latamt.ieeer9.org/index.php/transactions/article/view/4454/990>
- [23] PENCYT 2019-2024. (2020, enero). "Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá 2040 y Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación 2019-2024". SENACYT, Gaceta Oficial Digital, Panamá.
- [24] I. Chang y E. Hall. "INTEGRA ME: Un modelo para gestionar la investigación y fortalecer los conocimientos en una unidad académica universitaria", in 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Global Partnerships for Development and Engineering Education", Boca Raton FL, USA, 19-21 July 2017.

Desarrollo de un estudio de mercado en la provincia de Panamá sobre la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado

Roshni Nagrani Lalwani¹ , Nicole Barriá² 

¹Licenciatura en Ingeniería Industrial—Facultad de Ingeniería Industrial—Sede Central—Universidad Tecnológica de Panamá—Ciudad de Panamá, República de Panamá. ²Departamento de Mercadeo—Facultad de Ingeniería Industrial—Universidad Tecnológica de Panamá

¹roshnin197@gmail.com; ²nicole.barria@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/jpri.v%v.%i.3565



Resumen: El cultivo vertical en ambiente controlado es un método de producción que se emplea en instalaciones herméticamente cerradas, utilizando estantes verticales de múltiples niveles con la incorporación de luces LED y la aplicación de la hidroponía para cultivar plantas y vegetales sin depender de las condiciones externas del ambiente. En Panamá, hay pocas empresas que emplean este método de cultivo para producir lechugas, lo que indica que la mayoría de los productores locales siguen utilizando otros métodos, como el tradicional o el de invernadero, que dependen únicamente las condiciones del ambiente externo. El objetivo principal de este artículo es desarrollar un estudio de mercado en la provincia de Panamá para identificar las características de los consumidores potenciales que están interesados en comprar lechuga producida mediante el cultivo vertical en ambiente controlado. Para lograr esto, se aplicó una encuesta de veinte preguntas divididas en cinco dimensiones: filtro, características del consumidor, conocimiento sobre el cultivo vertical en ambiente controlado, situación actual y situación futura. Como resultado, se encontró que existe un nicho de mercado en la provincia de Panamá interesado en comprar lechuga producida mediante este método. Con estos hallazgos, se busca motivar a los productores locales a implementar el cultivo vertical en ambiente controlado en sus instalaciones para producir plantas y vegetales durante todo el año.

Palabras claves: características, consumidores potenciales, cultivo vertical en ambiente controlado, estudio de mercado y lechuga.

Title: Market Research on Lettuce Produced Using Vertical Farms in the Province of Panama

Abstract: Vertical farms in closed environments is a method of cultivation that is executed inside of facilities tightly closed, using vertical shelves of multiple levels with the incorporation of LED lights and the use of hydroponics to produce leafy green vegetables without relying on external environmental conditions. Currently in Panama, there are few companies that employ this method of production to produce lettuce, which indicates that most local producers still use other methods, such as traditional or greenhouse, that rely solely on the external environment. The main objective of this study is to conduct a market research in the province of Panama to identify the characteristics of potential consumers who are interested in buying lettuce produced through vertical farms in closed environment. To identify these characteristics, we used a twenty-question survey which was divided into five dimensions: filter, consumer characteristics, knowledge on vertical farms in closed environments, current situation, and future situation. As a result, it was found that there is a niche in the province of Panama interested in buying lettuce produced through this method. With these findings, we aim to motivate local producers to implement this method of cultivation in their facilities to produce plants and vegetables throughout the year.

Keywords: characteristics, lettuce, market research, potential consumers, and vertical farming (PFAL).

Tipo de artículo: estudio.

Fecha de recepción: 7 de julio de 2022.

Fecha de aceptación: 30 de enero de 2023.

1. Introducción

La lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado es una hortaliza que es plantada en instalaciones que se encuentran térmicamente aisladas, y el proceso de producción se realiza en estantes de cultivo con luces LED que son puestas de manera vertical en el interior de cada uno de ellos. Adicionalmente, se utilizan otros equipos que son esenciales para crear el ambiente adecuado para la producción y crecimiento de la lechuga [1].

El cultivo vertical en ambiente controlado está siendo utilizado en Japón y otros países asiáticos para la producción comercial de verduras de hojas verdes, hierbas y trasplantes [1], pero este método de cultivo no solo ha permanecido en el continente asiático; sino que, se ha estado implementando en el continente americano como en Estados Unidos, Canadá, y recientemente en Panamá. En la actualidad, la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado es un producto emergente en el mercado panameño, y el mismo es vendido a algunos supermercados y consumidores finales.

Teniendo esto en mente, la presente investigación busca desarrollar un estudio de mercado para la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado, lo cual ayudará a entender las motivaciones, comportamiento y satisfacción de los consumidores; identificar el mercado potencial para el producto; conocer el mercado meta; entender los deseos y las necesidades

de los consumidores; también conocer los competidores y cómo satisfacen a los consumidores [2].

Finalmente, se recaudarán datos primarios mediante el uso de una encuesta, y posteriormente se concluirá la presente investigación con la descripción e identificación de los consumidores potenciales que están dispuestos en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado en la provincia de Panamá.

2. Antecedentes

La lechuga, también conocida como *Lactuca Sativa*, es una hortaliza de la especie herbácea que contiene grandes hojas, y son utilizadas de forma cruda para el consumo alimentario como se puede encontrar en ensaladas, *wraps*, emparedados, entre otros platos. Esta hortaliza se consume durante todo el año gracias a los diferentes métodos de cultivo que existen hoy día [3].

Para tener un mejor entendimiento del tema es importante comprender los diferentes métodos de cultivo de la lechuga, y su situación actual.

2.1 Cultivo Tradicional

El primer método que se implementó es el cultivo tradicional que consiste en la realización de las labores agrícolas en la tierra necesarias para plantar en ella plantas y semillas o cuidar lo plantado y obtener frutos de ello [4], como se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Cultivo tradicional de la lechuga.

Mediante este cultivo, los agricultores dependen de factores esenciales como:

- **Luz solar:** factor importante para el crecimiento de las hojas y para mantener la estoma abierta.
- **Humedad:** indica la cantidad de agua que está presente en el suelo agrícola, y esta varía dependiendo de la temperatura del medio ambiente.

- **Lluvias:** son importantes para la hidratación de las plantas que se van a cultivar.
- **Suelo agrícola:** conocido como un factor fundamental para el cultivo de los vegetales [5].

En términos generales, se puede decir que, mediante la utilización de este método de cultivo, la producción y calidad de las lechugas dependen de las condiciones climáticas, por lo que el suministro estable y confiable de alimentos derivados de la planta está siempre en peligro.

2.2 Cultivo hidropónico en invernaderos

El segundo método que se introdujo a Panamá es el cultivo hidropónico en invernaderos. Este método no requiere el uso del suelo agrícola; en cambio, utilizan soluciones acuosas con nutrientes químicos disueltos, o con sustratos estériles (grava, arena, vidrio molido, fibra de coco) para soportar la raíz de las plantas [6], como se puede observar en la figura 2, pero existen algunos factores que no pueden ser controlados por el agricultor o dueño del invernadero como:

- **Luz solar:** se define como la fuente de energía obtenida por el sol para la producción de plantas en invernaderos.
- **Temperatura:** se define como el parámetro relacionado al nivel térmico que se encuentra en los interiores de un invernadero [7].
- **Humedad relativa:** se define como la cantidad de agua que se encuentra en forma de vapor, y se compara con la cantidad máxima de agua que puede mantener en una temperatura dada [8].



Figura 2. Cultivo hidropónico de las lechugas en Pilones de Boquete S.A.

Los factores climáticos mencionados anteriormente afectan de una manera significativa el cultivo de las lechugas hidropónicas; por ejemplo, la intensidad de luz solar es diferente a lo largo del día. Durante el amanecer, atardecer y en días lluviosos la intensidad solar es baja; mientras que, en el mediodía y en días soleados la intensidad solar es alta. Teniendo esto en mente, se

puede inferir que la calidad y la dirección de la luz no pueden ser controlados por los agricultores en los invernaderos [1].

Por otro lado, la temperatura es un factor que depende de la radiación solar que influye directamente sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas. La temperatura juega un papel importante con la humedad relativa; por ejemplo, cuando la humedad relativa es mayor, la temperatura disminuye, y esto causa que las plantas disminuyan su crecimiento y produzcan enfermedades criptogámicas¹. En el caso contrario, cuando la humedad relativa es menor, la temperatura es mayor, se dice que las plantas se deshidratan y esto provoca pérdidas en producción y calidad del producto [7]. En palabras concisas, se puede decir que mediante este método de cultivo se le hace difícil para los agricultores de invernaderos optimizar el ambiente adecuado para el crecimiento de los cultivos.

2.3 Cultivo vertical en ambiente controlado

El tercer método introducido en Panamá es el cultivo vertical en ambiente controlado. Antes de entrar en este método es necesario entender qué está pasando en la actualidad. En Panamá, el valor agregado de la agricultura en Panamá disminuyó desde el 3.6% en el 2019 al 2.9% en el 2020 [9], aumentó la población panameña con una cifra de 3.579 millones en el 2009 a 4.099 millones en el 2017 [10], y por último se enfrentan problemas relacionados al calentamiento global.

Con el aumento de la población panameña, se necesita suplir mayor cantidad de alimentos, pero no se puede depender de la producción agrícola, ya que esta está siendo disminuida con el tiempo por los factores climáticos. Además, estamos enfrentando calentamiento global con un aumento de temperatura de aire de 0.5 grados centígrados, y posiblemente este aumento de 1.0 a 1.5 grados centígrados; como resultado, esto puede reducir la disponibilidad de agua potable, factor importante para el cultivo de plantas [11]. Por estos motivos, se debe buscar una solución en la cual involucre la producción de alimentos que no dependa del ambiente agrícola, y que utilice los recursos de manera eficiente. Sabiendo esto, se creó un método de cultivo vertical en ambiente controlado que son adecuados para algunos frutos y vegetales.

Este método de cultivo fue desarrollado en Japón, Corea del Sur y Taiwán, en donde se encuentran altas densidades demográficas y menos espacio para desarrollar actividades agrícolas. El concepto principal de este método de cultivo es producir las lechugas dentro de las instalaciones de un local o edificio donde los factores del entorno son controlables. Adicionalmente, este método tiene como propósito aprovechar el espacio verticalmente donde se colocan varios niveles de bandejas de cultivo, y dentro de cada nivel se utilizan luces LED que son una simulación de los rayos del sol y el proceso de fotosíntesis [12] como se puede apreciar en la figura 3.



Figura 3. Cultivo vertical en ambiente controlado para la lechuga en la Universidad de Chiba, Japón.

3. Objetivo general

Desarrollar un estudio de mercado en la provincia de Panamá para la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado, con el objetivo de identificar las características fundamentales de los consumidores potenciales.

4. Planteamiento de problema

La lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado es un producto emergente en el mercado panameño. De hecho, este producto se introdujo a este país porque los agricultores que utilizan otros métodos de cultivo para sembrar lechugas se enfrentan con problemas como: el cambio climático, falta de agua, crecimiento de la población, aumento de la urbanización, entre otros sucesos. Como resultado, resulta muy difícil para los agricultores producir la lechuga y en qué tiempo deben que suplir los vegetales a los consumidores.

Este método se creó con la finalidad de alimentar a la población, mejorar la salud, proteger el medio ambiente y lograr el crecimiento económico, y fue implementado primeramente en países como Japón, China, Taiwán, Holanda, entre otros países, donde se pueden sembrar vegetales y plantas como: lechuga, brotes de mostaza, albahaca, nabo, rábano, zanahoria, hojas de Wasabi, entre otras [1].

Dicho lo anterior, en Panamá solamente existe una empresa en todo el país que utiliza este método de cultivo para la lechuga (*Lactuca Sativa*) y otros vegetales, ya que muchas empresas panameñas productoras no se han interesado en aplicar este método de cultivo en sus procesos, aún sabiendo todos los problemas que enfrentan; por tal razón, esta investigación busca desarrollar un estudio de mercado con el fin de identificar los consumidores potenciales que están dispuestos en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado.

De esta manera, los resultados obtenidos de la presente investigación demuestra la existencia de un mercado que está dispuesto en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado, y como resultado esto atraerá a empresas panameñas productoras de lechuga u otros vegetales a que implementen el cultivo vertical en ambiente controlado en sus procesos productivos para que puedan sembrar y suplir vegetales a la población panameña sin importar los problemas relacionados al cambio climático, falta de agua y crecimiento de la población.

5. Justificación

El estudio de mercado es una de las herramientas utilizadas por las empresas para entender las reacciones de los consumidores ante un producto o servicio que está siendo estudiado o introducido al mercado, pero muchas veces las empresas se preguntan:

- ¿Por qué es necesario realizar un estudio de mercado para mi producto?
- ¿Por qué invertir tiempo en un estudio de mercado para mi producto?
- ¿Por qué incurrir en costos para un estudio de mercado?

Por estas preguntas se entiende que las empresas consideran que un estudio de mercado es costoso y consume mucho tiempo; por consiguiente, las empresas deciden introducir su producto o servicio al mercado sin entender el “por qué” y el “a quién” se debe ofrecer el producto o servicio.

Actualmente existe un caso similar con la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado. Este producto está siendo vendido en los supermercados de la localidad como: Supermercados Riba Smith, El Machetazo y consumidores finales [13], pero no se tiene una “imagen clara” de quiénes son los consumidores potenciales y por qué se está vendiendo este producto en el mercado panameño; por esta razón, la realización de este estudio tiene como finalidad:

Identificar los consumidores potenciales y entender sus deseos y necesidades. Se puede decir que todos los habitantes de la República de Panamá son “posibles consumidores” de la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado, pero no se puede satisfacer a un público muy grande; por lo cual, esta investigación busca definir las características de los consumidores potenciales que estarían dispuestas en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado. Esto ayuda a que las empresas conozcan quienes son sus verdaderos clientes y donde pueden invertir sus esfuerzos de mercadeo.

Incrementar las oportunidades de negocio para la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado. Actualmente, la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado está siendo vendida a algunos supermercados y consumidores finales, pero con la realización del estudio de mercado se pueden identificar a nuevos clientes que están interesados en invertir en este producto; como consecuencia, esto incrementaría la demanda del producto y las ganancias de la empresa.

Carencia de alimentos. Actualmente, Panamá se encuentra en el noveno lugar con un 9.2% en la lista de los países latinoamericanos subalimentados² para el 2017. Además, según el reporte “*El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*” emitido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), las cifras de subalimentación ha aumentado en el mundo desde 8.0% en 2019 a 9.3% en 2020. Tras el aumento de la subalimentación en los años previos, para el 2021, esta cifra creció a 9.8% impactando a regiones como Asia, África, América Latina y el Caribe[14]. Las mayores causas de la carencia de alimentos van directamente ligadas con el cambio climático que afecta a la agricultura y la seguridad alimentaria de los productos, y como resultado esto aumenta la dificultad de cumplir con los objetivos relacionados en poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible [15]. Cabe destacar que con el cultivo vertical en ambiente controlado se pueden enfrentar estos problemas, ya que el proceso productivo no depende de las condiciones climáticas, los productos son limpios gracias a su proceso es realizado en un cuarto de cultivo hermético³, y contiene mejores aspectos nutricionales.

Oferta Sostenida. Con este tipo de cultivo, se promueve el tener una oferta constante del producto durante todo el año y garantizar poca variación en los precios del mercado, con lo cual se beneficiará el consumidor final.

6. Procedimiento

Para el presente proyecto, se llevarán a cabo las siguientes fases para cumplir con el objetivo general de la misma:

6.1 Fase I. Descripción del producto

Como primera instancia, se describen los aspectos importantes sobre la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado para poder entender el valor agregado que contiene este producto en comparación a las lechugas que se encuentran en el mercado panameño.

6.1.1 Descripción de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado

La lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado es conocida como una de las hortalizas más consumidas en ensaladas gracias a las fuentes de vitaminas y agua que ofrece. Este vegetal es cultivado mediante el uso de agua y soluciones con nutrientes y elementos químicos donde las raíces son sumergidas para así asegurar el desarrollo y crecimiento de la planta [15]. Cabe destacar, que este producto no necesita utilizar el suelo agrícola y no depende de los factores climáticos. En la figura 4, se muestra la apariencia de una lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado.



Figura 4. Lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado obtenido del cuarto de cultivo de la Universidad de Chiba, Japón.

6.1.1.1 Cultivo vertical en ambiente controlado

Como punto de partida, la lechuga es producida mediante el cultivo vertical en ambiente controlado, o también conocido en inglés Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL). Mediante este método de cultivo, la producción de plantas se realiza dentro de instalaciones herméticamente cerradas para poder controlar las variables del ambiente donde se realiza la cultivación de las plantas. Dentro de estas instalaciones, se utilizan estantes verticales con múltiples niveles, donde en cada nivel se encuentran instaladas luces LED que actúa como la energía solar que se presenta en el cultivo tradicional. El objetivo principal de estos anaqueles es utilizar eficientemente el espacio donde se está realizando el cultivo del producto, en este caso de la lechuga [16].

Es importante recalcar que este método de cultivo no pretende sustituir a los previos métodos utilizados en la República de Panamá; en cambio, el cultivo vertical en ambiente controlado es conocido como una nueva forma de producir alimentos frescos con distintos equipos.

6.1.1.2 Características de plantas que pueden ser cultivadas mediante el cultivo vertical en ambiente controlado

Las plantas pueden ser sembradas a través del cultivo vertical en ambiente controlado si poseen las siguientes características:

- Medir alrededor de 30 centímetros de altura, ya que la distancia vertical que existe entre cada nivel de los anaqueles es de 40-50 centímetros.
- Crecer rápidamente alrededor de 10 a 30 días para cosechar después del segundo trasplante.
- Desarrollar en condiciones de intensidades de luz baja.
- Ser un producto limpio, fresco, rico, nutritivo y libre de pesticidas.
- Poder mejorar las condiciones óptimas del ambiente para crear un producto de alto valor.
- Utilizar el 85% del peso del producto para vender.
- Manejar cualquier tipo de trasplante [17].
- Sabiendo esto, seguidamente en la figura. 5 se presentan ejemplos de algunas plantas que son producidas mediante el cultivo vertical en ambiente controlado.



Figura 5. Algunas plantas y vegetales que se producen mediante el cultivo vertical en ambiente controlado.

6.1.1.3 Ventajas y desventajas del cultivo vertical en ambiente controlado

Según Kozai, algunas ventajas del cultivo vertical en ambiente controlado son las siguientes:

- **Eficiencia de espacio:**
El cultivo vertical en ambiente controlado se lleva a cabo en estantes verticales de múltiples niveles, lo que permite colocar los cultivos en cada uno de los niveles, resultando en una mayor producción de los cultivos utilizando menos espacio.
- **Control del ambiente:**
Los factores ambientales, como la temperatura, humedad, luz, nutrición, entre otros, pueden ser controlados por los artefactos tecnológicos utilizados en este método de cultivo con el fin de optimizar el crecimiento del cultivo.
- **Producción durante todo el año:**
Los cultivos son producidos en instalaciones herméticamente cerradas donde el usuario controla los factores ambientales del entorno, lo que permite una producción consistente de los cultivos durante todo el año.
- **Reducción de costo de mano de obra:**
Con los avances tecnológicos, existen algunos procesos durante el cultivo vertical en ambiente controlado que pueden ser automatizados, lo que disminuye la cantidad de mano de obra necesaria.

Por otra parte, Kozai menciona algunas desventajas que se puede experimentar en el cultivo vertical en ambiente controlado:

- **Inversión inicial elevada:**
Los materiales, maquinaria, instalación y mantenimiento del cultivo vertical en ambiente controlado requieren una inversión costosa.
- **Limitaciones en la selección de cultivo:**
Mediante el cultivo vertical en ambiente controlado no se pueden producir todos los cultivos. Para seleccionar el cultivo adecuado, se deben seguir algunas características esenciales, como se mencionaron en la sección anterior.
- **Dependencia de la tecnología:**
Durante el cultivo vertical en ambiente controlado, la producción de los cultivos depende del funcionamiento de los artefactos tecnológicos para crear el ambiente adecuado para el crecimiento de las plantas. Esto requiere un conocimiento técnico para la manipulación y uso de la tecnología[18].

6.2 Fase II. Selección del segmento de mercado

Para la selección de la muestra para el presente estudio, se utilizó el proceso de segmentación de mercado con el fin de elegir el mercado meta que se desea atender para identificar las características de los consumidores potenciales del cultivo vertical en ambiente controlado, véase la figura 6 para ver los pasos que se llevaron a cabo.



Figura 6. Etapas para obtener el mercado meta.

6.2.1 Definir el Mercado Total

El mercado total es denominado como aquellos consumidores potenciales y reales que adquieren el bien o servicio que está siendo ofrecido en el mercado para satisfacer una necesidad en particular. Esto quiere decir, que todas las personas alrededor del mundo pueden ser considerados como el mercado total, y esto se dice porque pueden ser posibles consumidores aun así de no adquirir el bien o servicio en el momento, pero en un futuro es posible que lo hagan [19].

Para el presente estudio, se eligió como mercado a la República de Panamá, debido a que la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado es un tema emergente en el país y es de suma importancia realizar un estudio de mercado para el producto para poder determinar cuáles son las características de los consumidores potenciales que están dispuesto en adquirir este producto.

6.2.2 Analizar el Entorno de Marketing

Como siguiente paso, se realizó un análisis del entorno de *marketing* para poder identificar las nuevas tendencias y oportunidades que existen en tal entorno [20]. El entorno de *marketing* se define como el conjunto de variables que afectan de manera directa o indirecta sobre las decisiones, estrategias y acciones relacionadas al *marketing* de un producto [21]. Al entender estas variables, los mercadólogos pueden tomar mejores decisiones con la menor incertidumbre, y así se pueden adaptar a los futuros cambios del mercado.

6.2.3 Segmentar el Mercado Total

Como se mencionó anteriormente, no se puede atender a todos los consumidores con el mismo nivel de satisfacción. Es necesario buscar una manera eficiente de invertir los recursos en los consumidores que mejor se pueden servir y que sean rentables. Para identificar a quienes

se les estará ofreciendo el producto o servicio, se debe segmentar el mercado total en distintos grupos con sus respectivas necesidades, características o comportamiento quienes podrían requerir un producto [22].

En la figura 7, se encuentra el segmento seleccionado para el presente estudio, el cual se compone de personas de género masculino y femenino entre 25 a 80 años que residen en la provincia de Panamá, y se encuentren en las diferentes localidades donde pueden adquirir vegetales.

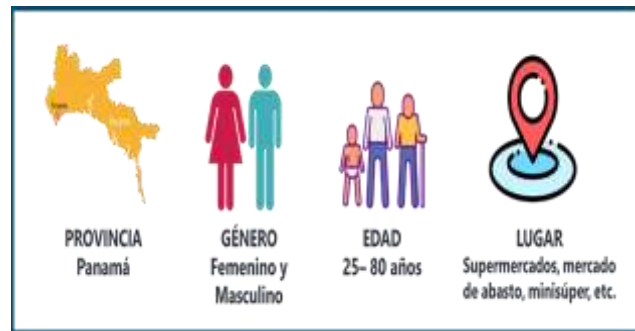


Figura 7. Segmento de mercado para el presente estudio.

6.2.4 Seleccionar el Mercado Meta

Ahora se tiene el mercado total en *segmentos* que se denomina un grupo de consumidores que responden de forma similar a un conjunto determinado de esfuerzos de *marketing* [22]. Al tener esto, se selecciona el mercado meta mediante la evaluación atractiva de cada uno de estos segmentos del mercado e inmediatamente se elige uno o más segmentos que se desea invertir los esfuerzos de *marketing* [22].

6.3 Fase III: Cálculo de la Muestra

Para el tamaño de la muestra, se utilizó el segmento de mercado y los aspectos que se mencionaron previamente. Como población se tiene la estimación de hombres y mujeres de la provincia de Panamá, excluyendo a los habitantes de la isla de Taboga, entre 25 a 80 años que posee el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) para el presente año, y para la muestra se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N\sigma^2 Z_{\alpha}^2}{e^2(N - 1) + \sigma^2 Z_{\alpha}^2} \quad (1)$$

Donde,

n = Tamaño de la muestra

N =Tamaño de la población

Z = Nivel de confianza deseado

σ = Desviación estándar de la población

e = Nivel de error

El nivel de error es de 5% con un nivel de confianza de 95%. Reemplazando los respectivos valores para cada una de las variables se obtuvo el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{864069 * 0.5^2 * 1.96^2}{0.05^2(864069 - 1) + (0.5^2 * 1.96^2)} \quad (2)$$

$$n = 384 \text{ personas}$$

6.4 Fase IV. Estructuración del Instrumento de Recolección de Datos

Como instrumento para recolección de datos, se escogió la encuesta, en el cual se creó una serie de dimensiones que facilitó la identificación de las variables y la formulación de las preguntas que se deben realizar cuando se desconoce el consumidor para un producto o servicio en particular. En la figura. 8, se muestran las dimensiones que se utilizaron, y seguidamente se encuentra la explicación de cada una de ellas.



Figura 8. Dimensiones para la identificación de las características de los consumidores potenciales de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado

- 1) **Filtro:** El objetivo de esta dimensión es para conocer si el encuestado es un consumidor de lechuga, en caso tal de que el encuestado no sea un consumidor de lechuga, este no podrá continuar respondiendo las preguntas de las siguientes dimensiones. La variable que se mide en esta dimensión es el consumo.
- 2) **Identidad Personal:** Se conoce como un conjunto de características propias de una persona que permite distinguirlos de otros [23]. Para el presente estudio, el enfoque son las características básicas del consumidor. Las variables que se midieron para esta dimensión son: género, edad, distrito, cantidad de miembros con quien reside, cantidad de hijos, situación laboral, nivel de educación, ingreso familiar mensual y alimentación.
- 3) **Conocimiento:** Esta dimensión tiene como objetivo verificar si el consumidor tiene algún conocimiento referente al cultivo vertical de manera general. Las variables que se midieron para esta dimensión son: nivel de conocimiento y reconocimiento.
- 4) **Situación actual:** Esta dimensión se refiere a la posición actual que sostiene el consumidor en el mercado

panameño, con el fin de conocer la variedad de lechuga que adquiere, las preferencias, entre otros aspectos. Las variables que se midieron para esta dimensión son: patrón de gastos, consumo, variedad de lechuga, prioridades del consumidor, impulso, frecuencia de compra, satisfacción y lugar de compra.

- 5) **Situación futura:** Se atribuye a lo que el consumidor hará posterior al presente, específicamente, para la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado. Las variables que se midieron para esta dimensión son: percepción, nivel de aceptación y precio de venta.

7. Resultados

Como primera instancia, se explican los resultados obtenidos para cada una de las preguntas que fueron contestadas por los encuestados. El presente análisis se efectuó para cada una de las dimensiones que se presentaron anteriormente en la encuesta.

7.1 Dimensión de Filtro

Como primera pregunta, se le cuestionó al encuestado para saber si él/ella consume lechuga. Si el encuestado responde que sí, este prosigue a las siguientes preguntas, y se toma en consideración para la muestra que se seleccionó. En el caso de que el encuestado haya dicho que no, este finaliza la encuesta y no se toma en consideración en la muestra para el presente estudio. Se encuestaron un total de 404 personas, en el cual 384 personas, equivalente a **(95%)**, respondieron que sí consumen lechuga; mientras que 18 personas, equivalente a **(5%)**, respondieron que no consumían lechuga, como se muestra en la figura 9.

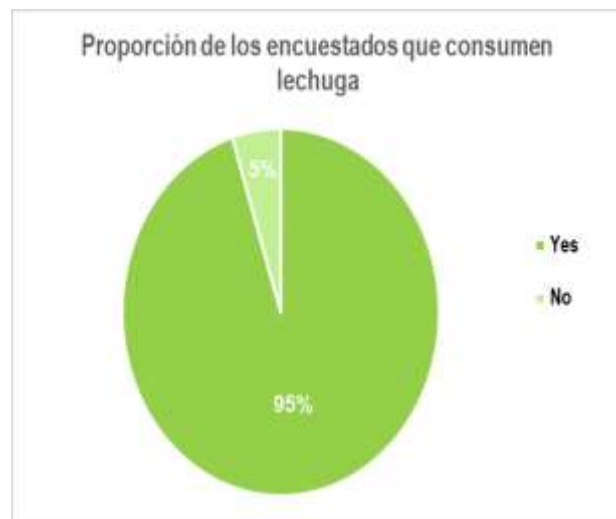


Figura 9. Resultados para ¿Usted consume lechuga?

7.2 Dimensión de Identidad Personal

En la tabla 1, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las preguntas que se estipulan en la dimensión de identidad personal.

Tabla 1. Resultados de la dimensión de identidad personal

Ítem	Opciones	%	Ítem	Opciones	%
2) Género	Femenino	63.5	7) ¿Cuál es su situación laboral actual?	Empleada/a	72.1
	Masculino	36.2		Desempleada/a	10.9
	Otro	0.3		Independiente	14.8
		Retirada/a		3.6	
3) Edad	24 a 39 años	56.5		Bachillerato	13
	40 a 55 años	27.6		Técnico	8.1
	56 a 74 años	15.4	8) ¿Cuál es su nivel de educación?	Licenciatura	47.9
	75 a 92 años	0.5		Maestría	24
		Doctorado		9.6	
		Ninguna de las anteriores		1.3	
4) ¿En qué distrito reside?	Panamá	77.9	9) ¿Cuánto es su ingreso mensual familiar?	>\$1000	21.4
	San Miguelito	21.4		\$1001-\$2000	34.1
	Balboa	0.5		\$2001-\$3000	22.1
	Chimán	0.3		\$3001-\$4000	9.6
	Chepo	0.3	<\$4000	13.8	
5) ¿Cuántos miembros residen en su hogar?	1	4.9		Omnívoro	89.1
	2	15.9		Flexitariano	5.2
	3	25.5	10) ¿Cómo es su alimentación?	Polieteriano	3.1
	4	32.6		Vegetariano	2.6
	Más de 4	22.7		Vegano	1.3
		Pescateriano		1.6	
6) ¿Cuántos hijos tiene?	0	50.8		Lacto Ovo Vegetariano	1.3
	1	16.4		Ovo Vegetariano	0.8
	2	23.4			
	3	7.3			
	4	1.6			
	Más 4	1.8			

Primero, se puede apreciar que los encuestados de género femenino representan el **(63.5%)** de la muestra seleccionada. Esta cifra demuestra que las mujeres, generalmente, son las que realizan las compras en las diferentes localidades para la obtención de alimentos. Esto no indica que el género masculino y otros no realizan las compras para los alimentos; sino que representa una minoría. Para el caso de la edad, se puede observar que la mayor proporción de consumidores de lechuga son los encuestados que tienen entre 24 a 39 años, conocidos como los *millennials*.

Segundo, entre los distritos de la provincia de Panamá, se descartó el distrito de Taboga, ya que esta es una isla localizada en el golfo de Panamá. Como se muestra en la tabla 1, la mayor concentración de consumidores de lechuga se encuentra en el distrito de Panamá. Por otra parte, se analizó la cantidad de miembros con quién reside el consumidor de lechuga, y la cantidad de hijos que tiene. Según las cifras obtenidas, la mayor proporción de los consumidores potenciales residen en una familia de cuatro **(4)** miembros incluyendo al encuestado, el cual representa un **(32.6%)**. Además, la próxima cifra más alta es la de **(3)** miembros, incluyendo al encuestado, el cual representa el **(25.5%)**. Esto indica que en los hogares de los consumidores de lechuga residen por lo menos 3 o más miembros. Referente a la cantidad de hijos con quien reside el encuestado, según los resultados se percibe que la mitad de los consumidores de lechuga no reside con los hijos.

Tercero, en la tabla 1 se muestran las cifras de la situación laboral de los encuestados, y esto demuestra que la mayor proporción de los consumidores de lechuga se encuentran empleados o trabajando independientemente. Seguidamente, se puede resaltar que el consumidor de lechuga por lo menos posee un título de licenciatura, y existen otros que se han dedicado a

especializarse. Como penúltima pregunta para la presente dimensión, se le cuestionó al encuestado el ingreso mensual familiar aproximado para después conocer la cantidad de dinero que invierte en la compra de vegetales. El **(34.1%)** de los encuestados generan entre \$1001 a \$2000 por mes, los cuales son utilizados para diferentes propósitos. Este dato puede ser utilizado para conocer el precio y la cantidad de lechuga que compararía el consumidor de lechuga. Por último, se investigó la forma de alimentación del encuestado, el cual demuestra que el **(89.1%)** de los encuestados son omnívoros, y esto se debe a la variedad de alimentos que se consumen diariamente en la República de Panamá. Estas cifras demuestran que los consumidores de lechuga no necesariamente tienen que ser vegetarianos o algún tipo de la misma para consumir lechuga.

7.3 Dimensión de Conocimiento

En la presente dimensión, se le cuestionó al encuestado si conocía sobre el cultivo vertical en ambiente controlado. En la figura 10, se puede observar que **(64.30%)** de los encuestados no conocen sobre el tema; mientras que, solamente el **(35.7%)** de los encuestados si conocen sobre el tema. Estas cifras nos indican que los consumidores de lechuga deben informarse sobre las distintas novedades de los productos que consumen.



Figura 10. Resultados para ¿Conoce usted sobre el cultivo vertical en ambiente controlado?

Después de conocer el nivel de conocimiento del encuestado, se le aplicó una adivinanza utilizando tres imágenes de lechuga de la misma variedad, pero que fueron cultivadas mediante los distintos métodos de cultivo, tradicional, hidropónico en invernaderos y cultivo vertical en ambiente controlado. El propósito de esta pregunta es para conocer si el encuestado es apto para distinguir una lechuga de la misma variedad, pero cultivada mediante distintos métodos. Véase la figura 11 donde se muestran los resultados obtenidos para el presente inciso.

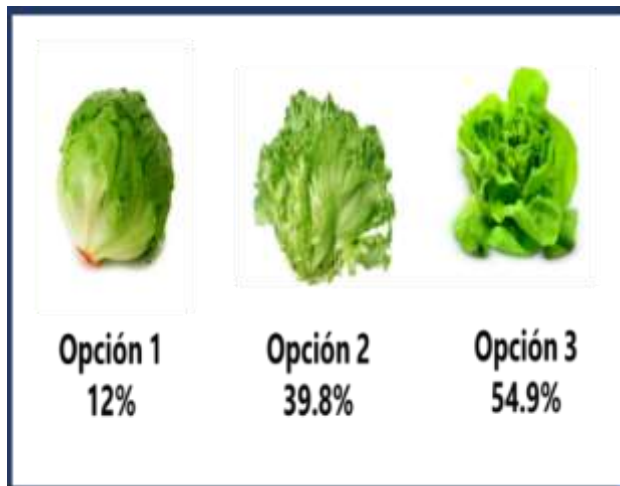


Figura 11. Resultados para ¿Cuál de las siguientes imágenes usted cree que es una lechuga producida utilizando el cultivo vertical en ambiente controlado?

Entre las opciones se tiene que la **Opción 1**, es una lechuga cultivada mediante el método tradicional. La **Opción 2**, es la lechuga cultivada a través del cultivo vertical en ambiente controlado, y la **Opción 3**, es producida a través del cultivo hidropónico en invernaderos. Como se puede apreciar en la figura 11, claramente los consumidores se confunden entre la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado y la lechuga hidropónica, porque solamente el **(39.8%)** de los encuestados acertaron; sin embargo, un **(54.9%)** pensó que era la Opción 3, y un **(12%)** pensó que era la Opción 1.

7.4 Dimensión de Situación Actual

Al conocer sobre el consumidor de lechuga y su nivel de conocimiento, a continuación, se pretende conocer la situación actual del consumidor referente a sus gustos y preferencias sobre la lechuga. Como siguiente pregunta, se desea conocer la cantidad de dinero que invierten los encuestados a la hora de comprar vegetales. Los resultados de esta pregunta ayudan a tener una idea sobre el precio que se le puede asignar a la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado. Se puede notar en la figura 12, que el (40.6%) de los encuestados invierten entre \$5 a \$10 a la semana en la compra de vegetales. También, se puede apreciar que el (34.4%) invierte entre \$11 a \$20 en vegetales, lo cual se puede decir que el comprador en la provincia de Panamá puede estar gastando entre \$5 a \$20 en vegetales. Cabe resaltar, que solamente existe una minoría de consumidores de lechuga que invierten más de \$20 en la compra de vegetales.



Figura 12. Resultados para ¿Cuánto usted invierte en la compra de vegetales a la semana?

Seguidamente, se le preguntó al encuestado que variedad de lechuga compra con mayor frecuencia. Según los resultados mostrados en la figura 13, se puede decir que los consumidores de lechuga en la provincia de Panamá prefieren el consumo de la Lechuga Tradicional conocida como “lechuga bola” y la Lechuga Romana. En tercer lugar, se tiene a la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado con una proporción de **(5.14%)**, el cual puede ser aumentada si se empieza a comercializar este producto en distintas localidades a un precio accesible.



Figura 13. Resultados para ¿Qué variedad de lechuga compra con mayor frecuencia?

Al conocer la lechuga que adquiere el consumidor, se quería saber un poco más sobre las características que toma en consideración al comprar la lechuga seleccionada anteriormente. Se midieron seis (6) características en la presente pregunta utilizando una escala de Likert, donde 1= Nada importante, 2= Poco importante, 3=Moderadamente importante, 4= Importante y 5= Muy importante. En la tabla 2, se muestran los resultados obtenidos para cada una de las características según la escala de Likert.

Tabla 2. Resultados de características toman en consideración los consumidores a la hora de comprar una lechuga

Característica	Escala de Likert	Resultado (%)
No contenga insectos	Muy importante	90.93%
	Importante	5.70%
	Moderadamente importante	2.33%
	Poco importante	1.04%
	Nada importante	0.00%
Cosechada en territorio panameño	Muy importante	39.07%
	Importante	26.48%
	Moderadamente importante	14.14%
	Poco importante	10.54%
	Nada importante	9.77%
No requiera ser lavada	Muy importante	15.17%
	Importante	21.59%
	Moderadamente importante	16.45%
	Poco importante	13.11%
	Nada importante	33.68%
Etiqueta con el contenido nutricional	Muy importante	29.74%
	Importante	21.79%
	Moderadamente importante	18.21%
	Poco importante	15.38%
	Nada importante	14.87%
No contenga porciones que tenga que botar	Muy importante	70.18%
	Importante	18.25%
	Moderadamente importante	6.68%
	Poco importante	3.08%
	Nada importante	1.80%
Poco uso de agroquímicos	Muy importante	71.54%
	Importante	15.64%
	Moderadamente importante	7.69%
	Poco importante	2.82%
	Nada importante	2.31%

Primeramente, se quería saber que tan importante es para los encuestados que las lechugas que compran no contengan insectos. Esta característica se considera muy importante para los encuestados a la hora de comprar una lechuga. Para defender lo dicho, se puede apreciar que el (90.93%) de los encuestados escogieron la opción de "muy importante".

Seguido, se analizó si es importante para el consumidor que la lechuga sea cosechada en territorio panameño, y se puede apreciar que (39.07%) de los encuestados consideran que es muy importante que sea cosechada en Panamá; en cambio, el (26.48%) de los encuestados consideran que es importante que la lechuga sea cosechada en territorio panameño. En síntesis, se puede decir que es importante que sea cosechada en territorio panameño para los consumidores de lechuga.

La siguiente característica confunde al encuestado a la hora de elegir el nivel de importancia. Cuando se le aplicó esta característica, muchos decían que siempre lavaban la lechuga o que siempre debe ser lavada y que nunca habían visto una lechuga que no se debe lavar. Por lo cual, se puede apreciar que el (33.68%) considera que es nada importante que la lechuga no requiera ser lavada. Adicionalmente, otros consumidores consideran que es muy importante e importante que la lechuga no requiera ser lavada, el cual representan (15.17%) y (21.59%) respectivamente.

Para el (51.53%) de los encuestados consideran que es muy importante e importante que la lechuga contenga su etiqueta de contenido nutricional; mientras que, el (48.47%) de los encuestados lo consideran moderadamente importante, poco importante o nada importante que la lechuga contenga su etiqueta de contenido nutricional y esto se debe porque la mayoría de las lechugas tradicionales no contienen esta etiqueta, y como consecuencia algunos de los encuestados no sienten que es necesario.

Todo consumidor desea que el producto que compra sea comestible y que no exista porciones que tenga que botar, pero esto no ocurre con la lechuga que compran el día de hoy. Muchos de los consumidores mencionaban que, por lo general, había que botar las porciones de la lechuga. Como se puede apreciar el (70.18%) de los encuestados consideran esta característica como muy importante, y solo el (1.8%) lo considera nada importante.

Por último, se tiene el uso de agroquímicos para la producción de vegetales. El (71.54%) de los encuestados estipularon que es muy importante que las lechugas contengan poco uso de agroquímicos, pero existen otros encuestados que lo consideran poco importante o nada importante (5.13%) porque en las lechugas no aparece la cantidad de agroquímicos que se utiliza para la producción.

La siguiente pregunta que se le hizo al encuestado es: "¿Qué factores lo/la impulsan a comprar la lechuga seleccionada anteriormente?". Los factores que se midieron para esta pregunta fueron: textura, color, sabor, precio, durabilidad y marca/productor, utilizando nuevamente la Escala de Likert, donde 1= Nada importante, 2= Poco importante, 3=Moderadamente importante, 4= Importante y 5= Muy importante. En la tabla 3, se puede apreciar los resultados recaudados para cada uno de los factores.

Entre los factores se puede inferir observar que los consumidores son impulsados por la textura (75.2%), color (79.0%), sabor (66.2%), precio (66.5%) y durabilidad (64.9%). Para el caso de marca/productor, no es un factor que le dan mucha importancia, por lo cual obtuvo un (25.3%) en la categoría de "muy importante". Es decir, si se quiere vender la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado, se recomienda que esta tenga una textura, color, sabor, precio y durabilidad similar a las lechugas tradicionales e hidropónica para que sea aceptada por los consumidores.

Tabla 3. Resultados de los factores que impulsan comprar la lechuga seleccionada anteriormente

Factores	Escala de Likert	Proporción
Textura	1	0.26%
	2	1.29%
	3	5.17%
	4	18.09%
	5	75.19%
Color	1	0.52%
	2	2.34%
	3	3.12%
	4	15.06%
	5	78.96%
Sabor	1	1.54%
	2	4.36%
	3	9.49%
	4	18.46%
	5	66.15%
Precio	1	1.02%
	2	4.86%
	3	8.95%
	4	18.67%
	5	66.50%
Durabilidad	1	0.78%
	2	4.65%
	3	8.53%
	4	21.19%
	5	64.86%
Marca/ Productor	1	17.60%
	2	21.43%
	3	17.09%
	4	18.62%
	5	25.26%

Posteriormente, se le pregunta al encuestado: “¿Cuántas veces compra la lechuga seleccionada en la semana?”. Véase la tabla 4, donde se muestran las cifras para la presente pregunta. El (64.3%) de los consumidores de lechuga señalaron que solamente compraban **1 vez** a la semana; mientras que, el (23.7%) de los consumidores de lechuga seleccionaron **2 veces**.

Si se hace un compendio de estas dos cifras, esto indicaría que el (88%) de los consumidores de lechuga adquieren la variedad de lechuga preferida por lo menos 1 hasta 2 veces a la semana. Al conocer la cantidad de veces los consumidores adquieren la lechuga de su preferencia, seguidamente se le pregunta: “¿Qué cantidad de la lechuga escogida anteriormente adquiere en una semana?”. Para este inciso, se supuso que una bolsa o bola de lechuga equivale a 0.5 kg/1.10 lbs. La tabla 4 muestra claramente que más de la mitad (55.2%) de los consumidores de lechuga localizados en la provincia de Panamá, compran únicamente una bola o bolsa.

Después de conocer la lechuga que consume el encuestado y la cantidad que adquiere a la semana, se quería conocer la satisfacción del consumidor referente a la variedad de lechuga que adquiere. Entre estas se tiene que el (89.84%) de los encuestados se encuentran satisfechos con la lechuga que adquieren y consumen actualmente, pero por otra parte existe un (10.16%) de encuestados que no se encuentra satisfecho con lo que consume. Para futuros estudios, se puede tomar en consideración estas cifras para hacer un estudio específico para conocer cuál es la razón fundamental por la cual los consumidores no se encuentran satisfechos con la lechuga que adquieren.

Para finalizar con la dimensión situacional actual, se le solicita al encuestado responder la siguiente pregunta: “¿Dónde adquiere la lechuga que compra actualmente?”. Como resultado, (20.96%) de los encuestados compran la lechuga que les gusta en el Supermercado Rey, y por otra parte existen otros consumidores que prefieren ir a otros supermercados como el Riba Smith, el cual representa un (17.55%), Super 99 con un (15.84%), El Machetazo con un (8.07%), Super Xtra con un (7.92%), PriceSmart con una (4.50%) y El Fuerte con un (2.64%).

Adicionalmente, se agregaron a los mercados locales como punto de obtención de los vegetales, el cual fue seleccionado por (9.94%) de los consumidores lo adquieren en la misma. También, se agregó la opción de Merca Panamá donde el (5.75%) de los encuestados estipularon que compraban la lechuga que les gusta en esta localidad. Además, se incorporaron a los minisuper y Delis donde el (2.48%) y (0.47%) estipularon que adquirirían la lechuga que consumían en estas localidades respectivamente. Por último, se agregó una categoría de otros el cual incluye como las carretillas de vegetales que se encuentran alrededor de la provincia de Panamá, y en esta (3.88%) de los encuestados seleccionaron esta opción. En síntesis, los consumidores prefieren comprar la lechuga que les gusta en los supermercados de su preferencia o en Merca Panamá.

Tabla 4. Resultados de la dimensión situacional actual

Item	Opciones	%	Item	Opciones	%
16) ¿Cuántas veces compra la lechuga seleccionada en la semana?	1 vez	64.3	18) ¿Se encuentra satisfecho con la lechuga que compra?	Si	89.04%
	2 veces	23.7		No	10.16%
	3 veces	8.3	Supermercados Rey	20.96%	
	4 veces	2.9	Riba Smith	17.55%	
	5 veces	0.8	Super 99	15.84%	
	6 veces	0.5	Mercados locales	9.94%	
	7 veces	1	El Machetazo	8.07%	
17) ¿Qué cantidad de la lechuga escogida anteriormente adquiere en una semana?	1 bolsabolas	55.2	19) ¿Dónde adquiere la lechuga que compra actualmente?	Super Xtra	7.52%
	2 bolsabolas	33.1		Marca Panamá	5.75%
	3 bolsabolas	7.8		PriceSmart	4.50%
	4 bolsabolas	3.1		Otros	3.88%
	5 bolsabolas	0.8		El Fuerte	2.64%
	Más de 5 bolsabolas	1.3		Minisuper	2.48%
				Delis	0.47%

7.5 Dimensión de Situación Futura

Para finalizar con la encuesta, se desea saber las perspectivas de los consumidores de lechuga a cerca de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado (*Lactuca Sativa*), nivel de aceptación y precio estimado que pagaría por una bolsa de lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado.

A continuación, se presentan los resultados para la pregunta: “¿Cuáles son sus percepciones acerca de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado?”.

Antes de contestar esta pregunta, se proporcionó al encuestado una explicación sobre cómo la lechuga es cultivada a través del cultivo vertical en ambiente controlado, para que este tuviera una idea del producto que se está estudiando. Entre estas se agregaron percepciones positivas y negativas para analizar la percepción del encuestado.

Si se observa los resultados de las percepciones positivas en la tabla 5, se puede decir que los encuestados consideran que este producto es limpio, indicado por (74.6%) de los encuestados, libre de químicos, indicado por (58.5%) de los encuestado, fresco indicado por (69.3%) de los encuestados y ayuda al medio ambiente, indicado por (66.0%) de los encuestados. Se puede inferir que la mayoría de los encuestados están de acuerdo con estas percepciones positivas de la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado.

Tabla 5. Resultados sobre las percepciones positivas de los encuestados acerca de la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado

Nivel de aceptación	Limpio	Libre de químicos	Fresco	Ayuda al medio ambiente
Muy de acuerdo	74.6%	58.5%	69.3%	66.0%
Algo de acuerdo	13.0%	17.3%	16.8%	16.5%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	8.3%	11.3%	8.0%	10.8%
Algo en desacuerdo	1.3%	5.2%	1.5%	1.8%
Muy en desacuerdo	2.8%	7.7%	4.4%	5.2%

Para el caso de las percepciones negativas presentadas en la tabla 6, se puede decir que los encuestados consideran que el producto es de precio alto según los resultados de “muy de acuerdo” y “algo de acuerdo”, el cual es igual a (64.4%) de los encuestados. Por otra parte, se considera que el producto es artificial por el (36.5%) tomando en cuenta los resultados de “muy de acuerdo” y “algo de acuerdo”. De la misma manera, el otro (36.5%) considera que el producto no es artificial tomando en cuenta los resultados de “algo en desacuerdo” y “muy en desacuerdo”.

Por último, si se toma en consideración los resultados de “algo en desacuerdo” y “muy en desacuerdo” para bajos niveles nutricionales, se obtuvo un total que el (40%) de los encuestados consideran que no es bajo nivel nutricional. Para finalizar, se quería saber si la producción de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado afecta al medio ambiente, y como resultado de “algo en desacuerdo” y “muy en desacuerdo” se obtuvo un total (53.3%), el cual indica la proporción de encuestados que consideran el cultivo de la lechuga a través del cultivo vertical en ambiente controlado no afecta al medio ambiente.

Tabla 6. Resultados sobre las percepciones positivas de los encuestados acerca de la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado

Nivel de aceptación	Precios altos	Artificial	Bajos niveles nutricionales	Afecta al medio ambiente
Muy de acuerdo	39.1%	17.6%	17.2%	14.1%
Algo de acuerdo	25.3%	18.9%	15.6%	10.4%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	20.2%	26.9%	27.2%	22.2%
Algo en desacuerdo	6.4%	8.8%	15.1%	14.4%
Muy en desacuerdo	9.0%	27.7%	24.9%	38.9%

A continuación, se le pregunta al encuestado: “¿Estaría interesado/a en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado?”.

En la figura 14, se muestra la existencia de una proporción de consumidores que se encuentran muy interesados en comprar este producto y consumirlo, el cual representa el (34.1%). Más adelante, se tiene otra categoría donde indica que el consumidor está algo interesado en la compra de este producto y el consumo de esta, y representa el (44.8%). En total si se seleccionan los que están interesados y algo interesados, se tiene que el (78.9%) de los consumidores están interesados en comprar y consumir este producto.

Por otra parte, existen otros encuestados que no están decididos sobre la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado y otros que muestran desinterés ante el producto. Como se observa en la figura. 14, las cifras son bajas para los encuestados que no muestran interés o no se deciden en comparación a los que se encuentran interesados. En términos

generales, la gran mayoría de los encuestados se encuentran interesados en el consumo de la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado tomando en cuenta que este sea cultivado y cosechado en territorio panameño según los resultados obtenidos en la dimensión de situación actual.



Figura. 14 Resultados para ¿Estaría interesado/a en comprar la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado?

Como última pregunta de la encuesta, se deseó conocer el precio que pagaría el encuestado por 0.5 kg o 1.10 libras de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado (ver figura 15). Como resultado se obtuvo que el (36.61%) de los encuestados estipularon que pagarían entre \$1 a \$1.50, y el (33.66%) denota que pagarían \$1.51 a \$2.00. Más adelante, se tiene que el (16.22%) de los encuestados pagarían \$2.01 a \$2.50, y que el (7.62%) pagaría \$2.51 a \$3.00.

Por otra parte, se puede observar que existe una proporción de encuestados que pagaría más de \$3.00 por 0.5 kg de la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado, el cual representa (5.89%) de los consumidores de lechuga de la muestra escogida en la provincia de Panamá.

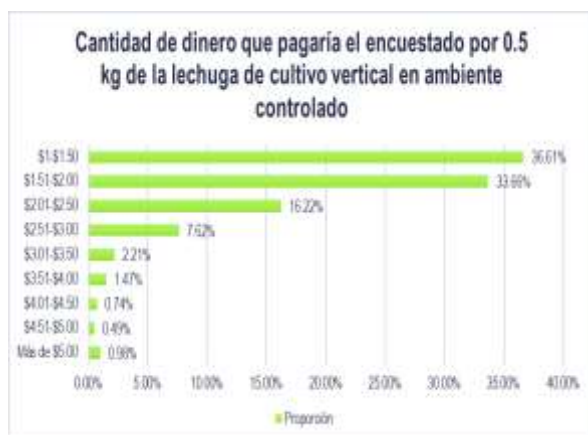


Figura. 15. Resultados para ¿A qué precio estaría dispuesto/a comprar una bolsa de 0.5 kg (1.10 lbs) de lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado?

8. Conclusión

A modo de cierre, el cultivo vertical en ambiente controlado es un método de cultivo que se implementó recientemente en la República de Panamá como una nueva forma de producir vegetales, y entre estas se incluye la lechuga. De la presente investigación se puede concluir los siguientes aspectos:

- El cultivo vertical en ambiente controlado es un método de cultivo único y especial por su forma de producir vegetales mediante el uso de luces LED, estantes verticales, solución nutritiva, sin tierra agrícola y luz solar.
- Se puede concluir la existencia de un mercado que está entre **muy y algo interesado** en comprar la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado, y se recomienda a los productores panameños incorporar este método de cultivo en sus procesos productivos.
- Cuando se analizó el género interesado en comprar este producto, se obtuvo que **las mujeres de la Generación "Y"** entre **25 a 39 años** son los consumidores potenciales para la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado.
- Otro aspecto sobre el consumidor es que por lo general está graduado de la universidad con un **título de licenciatura**, y genera un ingreso familiar de **\$1000-\$2000 al mes**.
- Estos consumidores potenciales **no tienen hijos o hijas**, y viven con **cuatro (4) miembros** en total en su hogar.
- Asombrosamente, el consumidor no debe ser algún tipo de vegetariano para consumir la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado; en cambio, la gran mayoría de los encuestados son **omnívoros** y están interesados en este producto.
- Se concluyó que el consumidor solo compraría la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado **una vez a la semana**, específicamente, en el **Supermercado Rey y Riba Smith**. Y, cabe indicar que el consumidor potencial pagaría entre **\$1.00 - \$1.50**.
- Por último, el consumidor potencial toma en consideración algunas características esenciales a la hora de comprar una lechuga como: no contenga insectos, siempre lavar la lechuga, no botar porciones y poco uso de agroquímicos. Entre estas, 3 de 4 son características que posee una lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado.

9. Recomendaciones

Después de concluir las características fundamentales de los consumidores que están dispuestos en adquirir la lechuga de cultivo vertical en ambiente controlado en la provincia de Panamá, se recomienda lo siguiente:

1. Investigar formas para disminuir los costos de producción de las lechugas de cultivo vertical en ambiente controlado para que estas puedan ser vendidas a un precio accesible para los consumidores.
2. Difundir información relevante sobre el cultivo vertical en ambiente controlado para que los consumidores

- panameños estén informados sobre este método de cultivo.
3. Educar a los consumidores sobre los distintos métodos de cultivo de lechuga para que así puedan reconocer la lechuga del cultivo vertical en ambiente controlado.
 4. Publicar este tipo de estudios de mercado para que los productores panameños se motiven a implementar este método de cultivo en sus procesos productivos.
 5. Crear normativas para permitir el consumo de cultivos producidos a través del cultivo vertical en ambiente controlado.

Referencias

- [1] T. Kozai y N. Genhua, «Introduction [Introducción],» de *Plant Factory An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, London, Elsevier, 2016, pp. 3-4.
- [2] P. Kotler y G. Armstrong, «Investigación de mercados,» de *Marketing*, México, Pearson Educación, 2012, p. 103.
- [3] Fundación Wikimedia, 22 Marzo 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Lactuca_sativa
- [4] Oxford University Press, «Cultivar,» s.f.. [En línea].
- [5] D. Leonard, *Cultivos tradicionales*, Washington D.C.: TransCentury Corporation, 1981.
- [6] Oxford Dictionary, «Hidroponía,» [En línea]. Available: <https://es.oxforddictionaries.com/definicion/hidroponia>.
- [7] Infoagro.com, «CONTROL CLIMÁTICO EN INVERNADEROS (1ª parte),» s.f.. [En línea]. Available: http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm.
- [8] Yachtpaint.com, «¿Que es la "Humedad Relativa"?», s.f.. [En línea]. Available: <http://www.yachtpaint.com/esp/diy/ask-the-experts/qu%C3%A9-es-la-humedad-relativa.aspx>.
- [9] Banco Mundial, «Agricultura, valor agregado (% del crecimiento anual) - Panamá,» 2021. [En línea]. Available: https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.KD.ZG?location_s=PA
- [10] The World Bank, «Population Total,» 2017. [En línea]. Available: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL>.
- [11] C. C. Osorio, «Panamá en la lucha contra el calentamiento global,» 18 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.panamaamerica.com.pa/opinion/panama-en-la-lucha-contra-el-calentamiento-global-1130400>.
- [12] M. Fernández, Interviewee, *Director de Urban Farms*. [Entrevista]. 22 Diciembre 2014.
- [13] D. Proenza, Interviewee, *Gerente General de Urban Farms*. [Entrevista]. 11 Marzo 2019.
- [14] FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS, «El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo (2022),» 2022. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/documents/card/es/c/CC0639ES>.
- [15] FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS, «El Estado de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo (2018),» 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/I9553ES/I9553es.pdf>.
- [16] T. Kozai y G. Niu, «Introduction [Introducción],» de *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality and Food Production*, Londres, Elsevier Inc., 2016, pp. 1-5.
- [17] T. Kozai y G. Niu, «Plants Suited and Unsited to PFAL [Plantas adecuadas y no adecuadas para PFAL],» de *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production*, Londres, Elsevier, 2016, p. 19.
- [18] T. Kozai y G. Niu, «Chapter 2 Plant Factories with Artificial Lighting (PFALs): Benefits, Problems, and Challenges,» de *Smart Plant Factory The Next Generation Indoor Vertical Farms*, Singapur, Elsevier, 2018, p. 15-30
- [19] P. Kotler y G. Armstrong, «Estrategia de marketing impulsada por el cliente,» de *Marketing*, México, Pearson Educación, 2012, pp. 48-50.
- [20] P. Kotler y G. Armstrong, «Análisis del entorno de marketing,» de *Marketing*, México, Pearson Educación, 2012, pp. 64-89.
- [21] Gestipolis, «El entorno de marketing ¿En qué consiste?,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.gestipolis.com/el-entorno-de-marketing-en-que-consiste/#targetText=El%20entorno%20de%20marketing%20es,de%20marketing%20de%20una%20organizaci%C3%B3n>.
- [22] P. Kotler y G. Armstrong, «Segmentación del mercado,» de *Marketing*, México, Pearson Educación, 2012, p. 49.
- [23] Significados.com, «Significado de Identidad,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/identidad/>.
- [24] J. Vásquez, «Disminuye producción de lechuga, repollo y brócoli en Tierras Altas,» 10 Mayo 2016. [En línea]. Available: <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/diminuye-produccion-de-lechuga-repollo-y-brocoli-en-tierras-altas-1025605>.
- [25] Fundación Wikimedia, Inc., «Enfermedad criptogámica,» 20 Septiembre 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Enfermedad_criptog%C3%A1mica.
- [26] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, «FAO: Hambre aumenta en el mundo y en América Latina y el Caribe por tercer año consecutivo,» 11 Septiembre 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/1152160/>.
- [27] Léxico powered by Oxford, «Subalimentación,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.lexico.com/es/definicion/subalimentacion>.
- [28] WordReference.com, «Hermético,» s.f.. [En línea]. Available: <https://www.wordreference.com/definicion/herm%C3%A9tico>.

Comparación y análisis de eficiencias de puertos panameños y puertos cercanos al Canal de Panamá a través del Análisis Envoltante de Datos

Dr. Wilfredo A. Ibarra¹ , Dr. Humberto R.

Álvarez² 

¹ y ² Universidad Tecnológica de Panamá, ciudad de Panamá, República de Panamá. Facultad de Ingeniería Industrial.

¹wilfredo.ibarra@utp.ac.pa, ²humberto.alvarez@utp.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3005



Resumen: Medir la eficiencia portuaria y establecer parámetros para su medición es fundamental para un operador portuario, dándosele cada vez más importancia el compararse con competidores similares, facilitando la toma de decisiones gerenciales oportunas. El objetivo de esta investigación era comparar los diferentes puertos de carga contenerizada de Panamá, con los puertos del Caribe Centroamericano, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá, a fin de conocer las características y mejores prácticas de los puertos líderes de la región. Para el desarrollo de esta investigación se aplicó la técnica del benchmarking y el Análisis Envoltante de Datos (DEA), a escala constante, con orientación a los insumos, dando como resultado que los puertos cercanos al Canal de Panamá no son todos eficientes en comparación a los que se encuentran distante de este. Finalmente, los puertos panameños, para ser más competitivos en la región, deben realizar mejoras significativas en la conectividad marítima, brindar nuevos servicios portuarios sostenibles, crear un hub logísticos de exportación y ampliar la capacidad instalada o construir nuevos puertos.

Palabras claves: Análisis Envoltante de Datos, benchmarking, eficiencia, puertos, unidades de toma de decisión.

Title: Comparison and analysis efficiency of Panamanian and Panama Canal nearest ports using Data Efficiency Analysis.

Abstract: Measuring ports efficiencies and setting parameters for its measurement is essential for a port operator. Giving the increasing importance of comparing local ports with similar competitors, timely management decision-making is helped. The objective of this research was to compare different container

cargo ports in Panama with the ports in the Caribbean area of Central American, Colombia and the Greater Antilles, close to the Panama Canal, in order to learn about the characteristics and best practices of the region's leading ports. For the development of this research, the technique of benchmarking and the Envelopment Data Analysis (DEA) was applied. As a result, ports near the Panama Canal are not as efficient to those distant from it. Finally, In addition, Panamanian ports, should make significant improvements in maritime connectivity, provide new sustainable port services, create an export logistics hub, and expand installed capacity or build new ports, to be more competitive in the region.

Key words: Data Envelopment Analysis, benchmarking, efficiency, ports, decision making units.

Tipo de artículo: análisis.

Fecha de recepción: 18 de marzo de 2021.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

Panamá y el Caribe, con el pasar de los siglos, se han convertido en puntos estratégicos de movilización de carga entre Asia, Europa, Norte y Sur de América. Dada la demanda general de movimiento de carga, a nivel mundial, la posición geográfica privilegiada de Panamá, y tomando en cuenta las inversiones realizadas por sus puertos, es necesario conocer cuál es el nivel de eficiencia de estos.

Existen varios indicadores, tanto del país, como portuarios, realizados por organismos internacionales, que muestran los desempeños en: infraestructura, aspectos económicos y de mercados, movilización de TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), desempeño logístico, conectividad marítima y calidad de la infraestructura portuaria, entre otros; sin embargo, estos indicadores no señalan directamente si los puertos de esta región son eficientes o no.

Los puertos marítimos son de vital importancia para que una región se desarrolle y la eficiencia de sus actividades son fundamentales para atraer los mercados externos [1]. De acuerdo con [2], el sector marítimo ha mirado hacia las economías de escalas, procurando que los buques de gran escala funcionen de forma eficiente.

En el 2017, el comercio mundial experimentó una fuerte demanda de las economías emergentes provocando consecuencias económicas en los puertos, operadores, redes marítimas y navieras, y sus efectos se percibieron en América Latina y el Caribe; de la misma manera, la ampliación del Canal de Panamá trajo consigo el incremento de la capacidad de los buques [3]. Es importante resaltar que, el transporte marítimo, especialmente el de contenedores, en América y el Caribe, ha logrado un gran desarrollo en la última década, adaptándose a las necesidades del comercio marítimo [4].

Ahora bien, más del 80% de la carga mundial es movilizad por mar, por lo que conocer la eficiencia de la operación portuaria es importante [5].

Hay que resaltar que, la eficiencia en los puertos es esencial y si hay deficiencias generarán altos costos logísticos; por lo que,

en comparación con otros puertos se resta competitividad al país [6]. Medir la eficiencia, para conocer el desarrollo de una actividad económica y establecer los indicadores para medir esa eficiencia, es necesario para cualquier organización [7] y se ha vuelto más importante compararse con competidores similares, por lo que, la toma de decisiones gerenciales se fundamenta en la identificación de las unidades que son eficientes [8].

La eficiencia es la capacidad de alcanzar los objetivos propuestos, optimizando los recursos disponibles y la medición de la eficiencia se convierte en un concepto relativo, ya que depende de las eficiencias de las otras unidades evaluadas [9]. De la misma manera, [10] y [11] definen tres medidas de eficiencias: técnica o global, de asignación y de escala. Las metodologías para la medición empírica de la eficiencia, de acuerdo con [12] y [13] pueden clasificarse en dos grandes grupos: técnicas paramétricas (no utilizan análisis de frontera) y las técnicas no paramétricas (utilizan análisis de frontera), este último fue aplicado en esta investigación.

La teoría de la eficiencia se remonta hasta la década de 1950 y de acuerdo [14] en 1951 se iniciaron investigaciones con relación al uso eficiente de los recursos empresariales y al análisis de producción. Según [14] cita que, en 1957 Michael J. Farrell se basó en las investigaciones de Koopmans y Debreu, estudiando la eficiencia y sus formas de medirla; también, [10] resalta que, Farrell fue uno de los primeros en investigar de manera sistemática el concepto de eficiencia y que estableció una guía para medirla. De acuerdo con [14], Abraham Chanes, William Cooper y Edward Rhodes fueron inspirados por los trabajos de Farrell, dando origen al DEA.

Para determinar la eficiencia portuaria se pueden utilizar dos métodos: el método paramétrico, que utiliza la Metodología de Análisis de Frontera Estocástica (SFA por sus siglas en inglés) y el método no paramétrico, el cual aplica la Metodología de Análisis Envoltante de Datos (DEA por sus siglas en inglés), utilizada en esta investigación; ambas metodologías permiten medir la eficiencia de un grupo Unidades de Toma de Decisiones (DMU por sus siglas en inglés) comparando sus respectivas eficiencias con una envolvente eficiente [15].

DEA, es una herramienta de análisis económico cuantitativo [10] que permite analizar los objetivos de las organizaciones [16] y es una herramienta potencial para la gestión general [17] utilizadas en diversos campos o sectores y con gran éxito. Con DEA se determina lo bien o mal que operan cada una de las DMU estudiadas [18] y proporciona el apoyo en la toma de decisiones [19] ya que la medición del desempeño es fundamental, debido a que los recursos son escasos y hay que utilizarlos efectivamente [8].

Las investigaciones portuarias realizadas, aplicando DEA, hasta ahora no incluyen comparaciones financieras, de costos o precios debido a las diferentes políticas contables y económica [20]. Ahora bien, es de vital importancia garantizar la eficiencia y competitividad de los puertos, para conservar los mercados en la región y evitar que otros puertos absorban dichos mercados.

Si se busca que Panamá alcance una mayor competitividad, tal y como se proyecta en [21] es necesario que se tomen decisiones importantes, en término de manejo de recursos, que

permitan optimizar estos, que redunden en mejores beneficios económicos y se fortalezcan los índices de desempeño del país, en términos logísticos.

2. Materiales y métodos

Esta investigación fue de tipo documental, descriptiva, interpretativa, analítica y se seleccionó el diseño no experimental, transeccional descriptivo, interpretativo y analítico.

Para el desarrollo del estudio, se propuso la hipótesis de que los puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá, que atienden buques Neopanamax, son más eficientes que los que se encuentran distantes de este.

La población en estudio estuvo conformada por 32 puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, registrados en la base de datos de la [22]; para este estudio, se seleccionaron los ocho puertos que reciben buques Neopanamax, ya que incluir otros puertos era contraproducente con el método DEA, el cual permite estudiar unidades de análisis con características de estudio lo más homogéneas posibles. Los puertos seleccionados para la investigación se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Puertos Neopanamax seleccionados para el estudio.

No.	País	Puerto (DMU)
1	Colombia	Cartagena
2	Jamaica	Kingston Freeport Terminal Limited
3	Panamá	Balboa
4	Panamá	Colón (CCT)
5	Panamá	Cristóbal
6	Panamá	Manzanillo International Terminal (MIT Panamá)
7	Panamá	PSA Panamá International
8	República Dominicana	Caucedo

Fuente: [23]

Según *Boussoufiane et al* (1991), citado por [24] plantean que la cantidad de variables seleccionadas no deben superar la cantidad de DMU analizadas, con el fin de no obtener muchas DMU eficientes, criterio utilizado para esta investigación. En total se seleccionaron siete variables inputs y una variable outputs. Las variables inputs son: capacidad máxima del puerto, área para almacenar contenedores, metros de muelle para contenedores, número de muelle para contenedores, número de muelle multipropósito, número de grúas *Rubber Tyred Gabtry* (RTG) y número de grúas pórticos (QC). La variable output

seleccionada corresponde a los TEU movilizados durante el año 2019, como se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Variables seleccionadas para la investigación.

No.	Tipo	Variable	Descripción de la variable
1	Inputs	CAP_TEUs	Capacidad máxima TEU
2	Inputs	Ha_cont	Área (hectáreas) para almacenaje de contenedores
3	Inputs	m_muelle	Metros de muelle para contenedores.
4	Inputs	No_muelle	Número de muelle para contenedores.
5	Inputs	No_muelle_M	Número de muelle multipropósito.
6	Inputs	No_RTG	Números de Rubber Tyred Gantry (RTG).
7	Inputs	No_QC	Números de grúas pórticos de muelle. (Panamax y Súper Post Panamax)
8	Outputs	TEUs_Mov_19	TEU movilizados, anualmente.

Fuente: [23]

2.1. El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Según [12] para 1978 *Charnes, Cooper y Rhodes*, basado en la noción de eficiencia relativa, introducida por Farrell derivaron el primer método llamado a escala constante y conocido como DEA-CCR y utilizado en esta investigación. El segundo modelo DEA fue derivado en 1984 por *Banker, Charnes y Cooper*, el cual presenta la hipótesis de rendimientos variables de escala, conocido como DEA-BCC, en honor a sus nombres.

DEA mide la eficiencia de un conjunto de DMU basadas en las entradas y salidas [25]. Ahora bien, [14] enmarca que, DEA es un modelo de frontera no paramétrico el cual permite realizar un benchmarking para mejorar las unidades ineficientes, empleando solo la información disponible de las DMU sin recurrir a supuestos teóricos.

Por lo tanto, y de acuerdo con [26], en (1) se representa el modelo general de ratios a escala constante (DEA-CCR-Input).

$$\text{Maximizar } \left[e_j = \frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij}} \right] \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\left[\frac{\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj}}{\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij}} \right] \leq 1 \quad j=1, 2, \dots, n$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Donde:

e_j = eficiencia

ε = constante no-arquimediana estrictamente positiva cercana a cero.

i = entradas, presentadas en la Tabla 2.

j = DMU en estudio, presentadas en la Tabla 1.

k = Salidas, presentadas en la Tabla 2.

u_{ij} = peso del insumo que entra a la DMU (Puerto de estudio)

v_{kj} = peso del producto que sale de la DMU (Puerto de estudio)

Ahora bien, considerando que el denominador se mantiene constante, de acuerdo con (2), la eficiencia máxima se logrará directamente, maximizando el numerador de los outputs de cada DMU_j.

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} = 1 \quad (2)$$

El modelo DEA-CCR-Input restringe las infinitas soluciones óptimas del modelo a, solamente, un par de vectores de peso, partiendo de que se mantiene constante el denominador. Este modelo de programación lineal tendrá $(p + m)$ variables y $(n + 1)$ restricciones, y se expresa tal y como se muestra en (3).

$$\text{Maximizar } \sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj} = 1 \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^p v_{kj} \cdot y_{kj} - \sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^m u_{ij} \cdot x_{ij} = 1$$

$$v_{kj} \geq \varepsilon \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$u_{ij} \geq \varepsilon \quad i = 1, 2, \dots, m$$

La forma dual o envolvente del modelo queda expresado tal como se observa en (4).

$$\text{Minimizar } \theta_j - \varepsilon \cdot \left[\sum_{k=1}^p t_k + \sum_{i=1}^m s_i \right] \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} = \theta_j \cdot x_{ij} - s_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{kj} = y_{kj} + t_k \quad k = 1, 2, \dots, p$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad \forall j, \quad s_i, t_k \geq 0 \quad \forall i, k$$

$$\theta_j \text{ libre}$$

Donde para las n variables:

λ_j = n restricciones primeras del primal

θ_j = corresponde a la restricción restante

t_k y s_i = holgura correspondiente a las variables entrada y salida.

Existe un binomio primal dual y las funciones objetivas coinciden con el óptimo, por lo que se puede expresar como se muestra en (5).

$$e_j^* = \theta_j^* - \varepsilon \cdot \left[\sum_{k=1}^p t_k^* + \sum_{i=1}^m s_i^* \right] = \sum_{k=1}^p v_{kj}^* \cdot y_{kj} \quad (5)$$

Lo que se pretende, con esta forma dual, es trabajar las combinaciones lineales entre los inputs y outputs, de la DMU_j en estudio y los puntos restantes. Esto permite crear unidades virtuales, con pares ordenados de entrada-salida y queda representado por $\theta_j x_{ij} - s_i, y_{kj} + t_k$ al minimizar el valor de θ_j se reduce el valor de los inputs de la DMU_j. Si se cumple que $\theta_j^* = 1$ y además que las variables de holgura $t_k^* = s_i^* = 0$ se dice que la DMU es eficiente [11].

Se aplicó el DEA por medio del *Software Frontier Analyst Application* Versión 4.0, propiedad de *Banxia Software* [27], y se utilizaron los resultados para la propuesta de Benchmarking o mejores prácticas.

El *Software Frontier Analyst* ha sido ampliamente utilizado para estudiar diversas áreas del conocimiento, por investigadores como: [19], [28], [29], [30], [31], entre otros.

Para validar los resultados obtenidos se procedió a contrastar las eficiencias resultantes de la investigación con los datos publicados por la [22] en el 2018, con el fin de determinar si los resultados obtenidos guardaban relación o no.

2.2. Benchmarking

De acuerdo con [10], la metodología que propone Farrell es una técnica basada en el concepto de “benchmarking”. De acuerdo con [14] el “benchmarking” se define como la medida de actuación, en comparación con un conjunto de unidades homogéneas, determinando cómo las más sobresalientes lograron alcanzar dichos niveles; y además, [20] indica que su objetivo primordial es identificar los “gaps” que llevan a una mejora potencial; en esta investigación, para elaborar el Benchmarking, se tomaron en cuenta al gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local; adaptando así las mejores prácticas de los puertos eficientes a los que no alcanzaron el 100% de eficiencia.

3. Resultados y discusión

Los ocho puertos estudiados son administrados por empresas reconocidas a nivel internacional, como se muestra en la tabla 3; Hay que resaltar que, en los puertos estudiados se han realizado inversiones importantes en infraestructura y adquisición de equipos necesarios para operar y poder competir con el mercado regional.

Tabla 3. Puertos estudiados y sus administradores portuarios.

Puerto	Administrador
Balboa y Cristóbal	Hutchison Port Holdings
Cartagena	Sociedad Portuaria de Cartagena
Caucedo	DP World
Colón CCT	Grupo Evergreen
Kingston Freeport Terminal Limited	CMA CGM
Manzanillo International Terminal	Carrix Inc. [SSA Marine]
PSA Panamá	PSA International

Fuente: [23]

En la tabla 4 se presenta el movimiento anual de TEU, en millones, desde el 2015 al 2019, para los ocho puertos estudiados.

Tabla 4. Millones de TEU movilizados

Año	Balboa	Cartagena	Caucedo	Colón CCT	Cristóbal	Kingston	MIT Panamá	PSA Panamá
2015	3.08	2.44	0.83	0.79	0.81	1.64	1.97	0.22
2016	2.83	2.35	0.92	0.63	0.79	1.65	1.83	0.16
2017	2.91	2.56	1.24	0.70	1.31	1.57	1.88	0.08
2018	2.05	2.75	1.27	0.82	1.28	1.56	2.23	0.61
2019	1.92	3.00	1.19	0.78	1.05	1.83	2.54	0.97

Fuente: [23]

En la tabla 5 se muestran algunos equipos, recursos y espacios valiosos que poseen los puertos estudiados para la operación portuaria.

Tabla 5. Algunos recursos que poseen los puertos.

Variables relevantes	Puertos							
	Balboa	Cartagena	Caucedo	Colón CCT	Cristóbal	Kingston	MIT Panamá	PSA Panamá
No. Quay Crane	25	21	8	13	13	19	19	11
No. RTG	83	70	23	30	47	19	24	9
Capacidad TEU Anual (Millones)	5	5	1.4	2.4	2	3.2	4	2
Hectáreas para almacenaje	47	60	80	27.8	28	194	52	25
Metros muelles para contenedores (en miles)	1,72	1,70	0.92	1,26	0.97	2,30	1,24	1,14
No. de muelle para contenedores	5	3	2	3	3	4	6	3
No. de Muelle multipropósito	2	1	2	4	6	5	3	3

Fuente: [23]

Con los datos, para las variables estudiadas, y empleando el *Software Frontier Analyst*, aplicando el modelo DEA a escala constante minimizado y orientado a los insumos, resultó que cuatro puertos resultaron con 100% de eficiencia, como se presenta en la en la tabla 6.

Tabla 6. Resultado de las eficiencias, de cada puerto, a escala constante con orientación a los insumos.

Puerto (DMU)	Eficiencia (CCR) (%)
Cartagena	100.00
Caucedo	100.00
MIT Panamá	100.00
PSA Panamá	100.00
Kingston	95.05
Cristóbal	82.05
Balboa	82.02
Colón (CCT)	56.66

Fuente: [23]

Los puertos que resultaron eficientes, de acuerdo con el modelo DEA-CCR, se utilizaron como unidades de referencias para estudiar los no tan eficientes y realizar análisis que se presentan a continuación:

Tomando en cuenta los resultados del modelo DEA-CCR y considerando el par de referencia Puerto de Cartagena, se puede señalar que Puerto Balboa cuenta con más recursos y movilizó menos TEU, durante el 2019, mientras que Cartagena movilizó un 55% más de TEU, además de que Cartagena cuenta con 27% más de hectáreas destinadas almacenamiento de contenedores, mostrado en la figura 1.

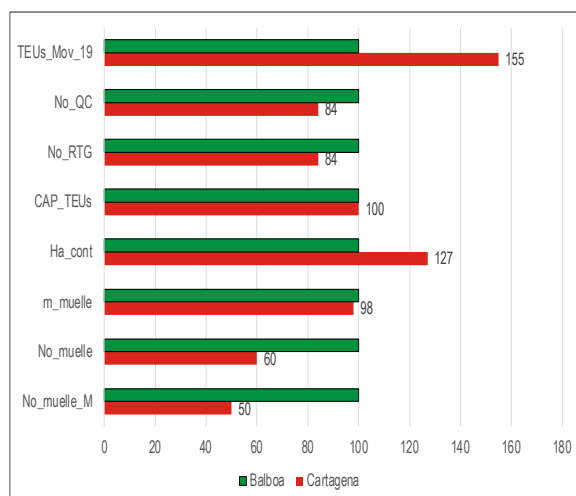


Figura 1. Comparación del Puerto Balboa con Cartagena.

En el caso del Puerto de Colón CCT es evidente que cuenta con menos recursos disponibles, limitante que fue aprovechada por el Puerto de Cartagena, el cual movilizó 281% más de TEU, durante el 2019, mostrado en la figura 2.

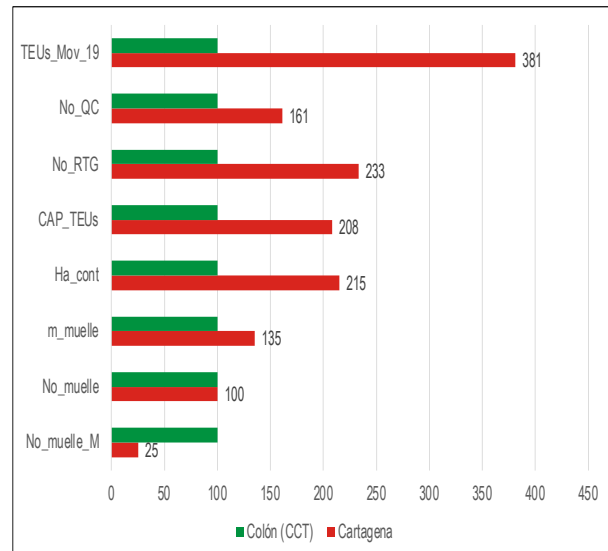


Figura 2. Comparación del Puerto Colón CCT con Cartagena.

Por otro lado, cuando comparamos el Puerto de Colón CCT con su otro par, el Puerto MIT Panamá, se evidencia que el Puerto Colón CCT tiene menos recursos, lo que permitió al Puerto MIT Panamá la movilización de un 224% más de TEU, mostrado en la figura 3.

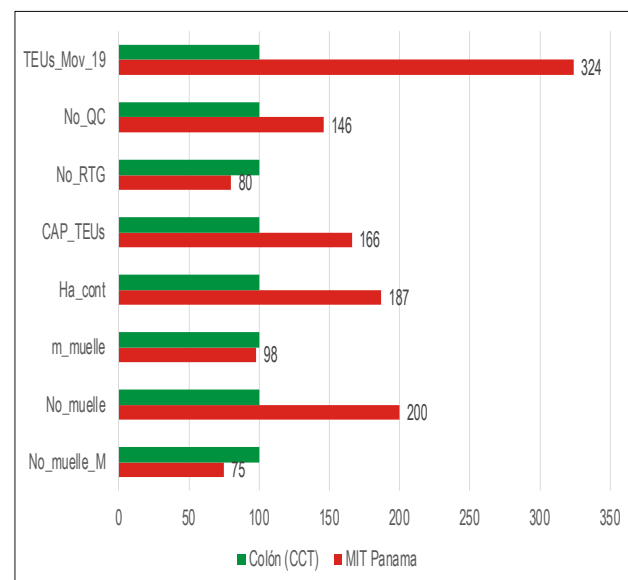


Figura 3. Comparación del Puerto Colón CCT con MIT.

También, es notorio que el Puerto Cristóbal cuenta con recursos subutilizados, sin embargo, Puerto Caucedo movilizó 13% más de TEU en el 2019, mostrado en la figura 4.

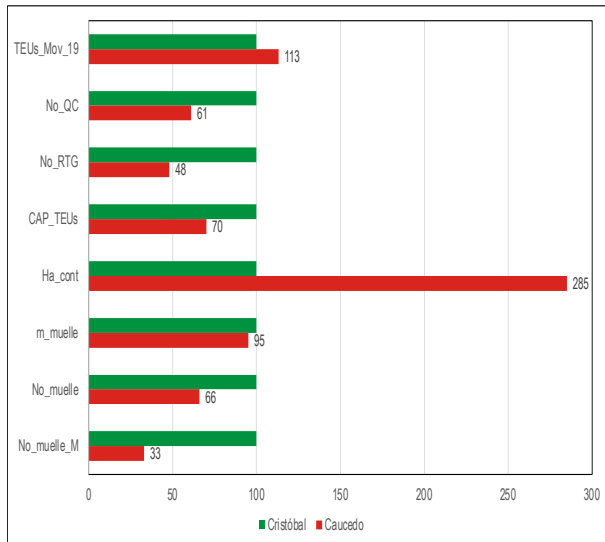


Figura 4. Comparación del Puerto de Cristóbal con Caucedo.

El Puerto Kingston (KFTL) cuenta con un número inferior de recursos, mientras que en otros aspectos sobrepasa a Puerto Cartagena. Sin embargo, Puerto Cartagena movilizó 76% más de TEU, durante el 2019, en comparación a Puerto Kingston, mostrado en la figura 5.

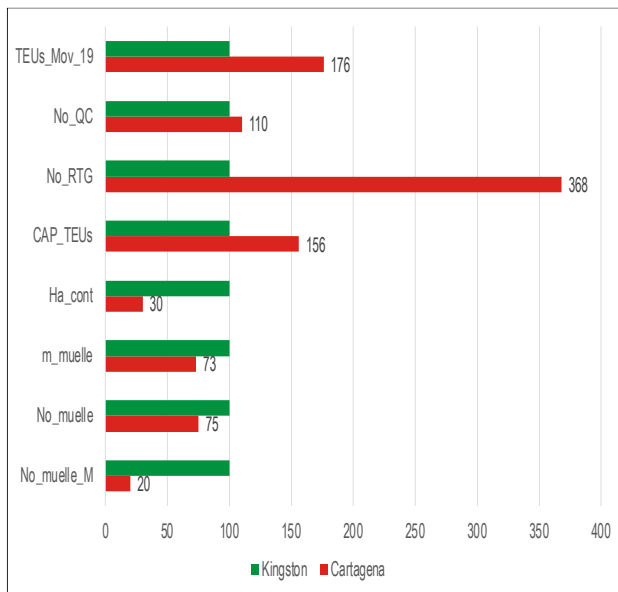


Figura 5. Comparación del Puerto Kingston con Cartagena

El Puerto de Kingston (KFTL), en comparación con el Puerto MIT Panamá, en algunos insumos cuenta con menos disponibilidad y esto permitió al Puerto MIT Panamá movilizar un 49% más de TEU durante el 2019; presentado en la figura 6.

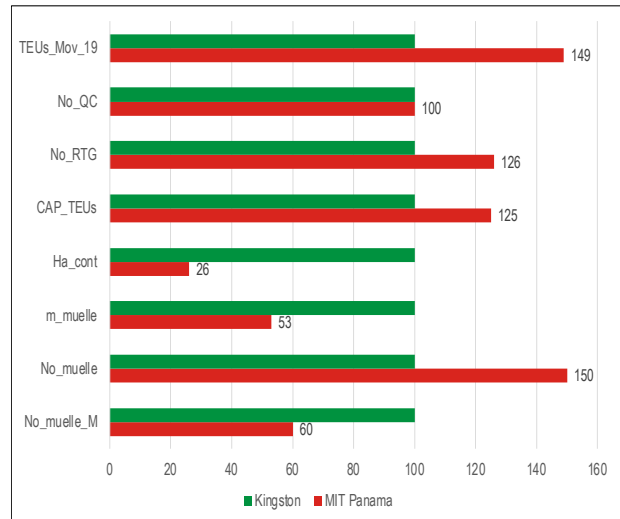


Figura 6. Comparación del Puerto Kingston con MIT.

Como mejoras potenciales se identificaron los recursos que los puertos ineficientes deben prestarle mayor relevancia y que resultaron en una reducción del uso de recursos disponibles, lo que se traduce en elaboración de políticas y toma de decisiones que redundan en la optimización de dichos recursos.

Es importante indicar que, [22] en su ranking portuario, agrupa los puertos panameños en dos grandes conjuntos portuarios: Caribe y Pacífico. En el Caribe se considera el conglomerado portuario conformado por: Puerto MIT Panamá, Puerto Colón CCT y al Puerto Cristóbal. Mientras que en el conglomerado del Pacífico se incluyen a: Puerto Balboa y Puerto PSA Panamá. De acuerdo con el Ranking 2018, de [22] y el resultado de la eficiencia encontrada, como resultado de la investigación, se puede indicar que hay puertos ocupando mejores posiciones en términos de eficiencia que en términos de movimiento de TEU anuales, como se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Posición de la eficiencia encontrada en la investigación y comparada con el Ranking Portuario 2018.

Puertos	Eficiencia DEA CCR	Ranking de [22]	TEUs Movilizados en 2019
Cartagena	1	4	2,995,031
Caucedo	1	13	1,192,595
MIT Panamá	1	1	2,543,691
PSA Panamá	1	5	974,795
Kingston	2	8	1,696,527
Balboa	3	5	1,924,182
Cristóbal	4	1	1,051,534
Colón (CCT)	5	1	784,252

Para determinar las mejores prácticas que deben implementar los puertos panameños, además de las eficiencias resultantes de la investigación y los TEU movilizados, de acuerdo con [22] y autoridades portuarias de cada país, se tomaron en consideración, por país o puerto, lo siguiente datos: Posición del Índice de Competitividad Global del Banco Mundial, Índice de Conectividad del Banco Mundial, Índice de Conectividad Portuaria de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), Índice de Calidad Portuaria del Banco Mundial, Índice de Desempeño Logístico del Banco Mundial, Indicadores de Desempeño Mundiales del Banco Mundial y las Estadísticas para buques portacontenedores de la UNCTAD.

De la misma manera, se identificó que el gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local son los principales actores que deben contribuir para que las mejores prácticas propuestas se alcancen, de manera individual o colaborativa, lo más pronto posible, con el fin de mantener al país competitivo frente al mercado regional, tal y como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Mejores prácticas que deben adoptar los puertos panameños.

No.	Benchmarking	Puertos	Gobierno e Instituciones	Mercados locales
1	Procurar mejoras significativas, en términos de conectividad marítima, considerando los aspectos planteados por [32]. Estas mejoras permitirán al país y a los puertos fortalecer y obtener mejoras evaluaciones internacionales, sin perder de vista a nuestros competidores regionales, los cuales han aprovechado el paso de carga por nuestro país y han mejorado sus infraestructuras portuarias y servicios.	X	X	X
2	Fortalecer el Índice de Desempeño Logístico, ya que a pesar de que contamos con una buena infraestructura portuaria es necesario seguir mejorando los procesos aduaneros, sistematización y digitalización de trámites gubernamentales, lo que redundará en la disminución del tiempo promedio de exportación y en trámites gubernamentales eficientes y de calidad.		X	
3	Fortalecer los servicios portuarios ofrecidos actualmente y proporcionar nuevos y sostenibles, con el fin de atraer más clientes que manejen su carga desde Panamá.	X		
4	Crear hub logísticos nacionales de exportaciones, cercanos al Canal de Panamá y a los principales puertos, con el objetivo de consolidar carga, facilitar la exportación y agregar valor a la carga que sale desde Panamá.		X	X
5	Procurar una capacidad instalada, a mediano plazo; por lo que, se deben ampliar los puertos existentes, (si disponen de espacio) y construir nuevas infraestructuras portuarias, cercanas al Canal de Panamá, de tal manera que se pueda absorber la carga que pasa por Panamá.	X	X	

No.	Benchmarking	Puertos	Gobierno e Instituciones	Mercados locales
6	Optimizar los recursos portuarios existentes, con el fin de movilizar la mayor cantidad de TEU posibles.	X		
7	Fortalecer la movilidad de la carga, entre los principales puertos, en ambas riberas del Canal, vía terrestre y ferroviaria; procurando que la densidad urbana, entre los puertos, no afecte dicha movilidad (Corredor logístico de carga entre el Caribe y Pacífico panameño, adyacente en ambas riberas del Canal de Panamá).		X	
8	Hay que asegurar que los conflictos laborales en los puertos no detengan la operación portuaria, ya que restan competitividad, lo que provoca una reducción de las evaluaciones de indicadores internacionales, reducción de ingresos y, por ende, en el desarrollo del país.	X		
9	Fortalecer las relaciones e integraciones de los puertos, con el fin de que la colaboración armónica permita dar respuesta a los clientes, ante eventos fortuitos, sin menoscabo de la autonomía que posee cada autoridad portuaria, lo que equivale a trabajo colaborativo.	X	X	X

Conclusiones

DEA es una herramienta no paramétrica robusta, pero no la única, que permite determinar las eficiencias de las organizaciones, para formular nuevos modelos en la toma de decisiones gerenciales, ya que se integran diversas variables y el uso de estas, que derivan en un alto impacto en la rentabilidad y competitividad de una actividad económica.

El análisis de eficiencia portuaria permitió determinar que un puerto que movilice más TEU, no necesariamente, resultará con altas medidas de eficiencia. Y de la misma manera, los puertos panameños, con mayor cercanía al Canal, no resultaron todos eficientes; por lo que, la hipótesis propuesta no se cumple en su totalidad.

Los cambios y mejoras propuestas para los puertos panameños derivaron del DEA y se incorporaron en el benchmarking portuario considerando tres actores importantes: los puertos, el gobierno y el mercado local.

El gobierno e instituciones, los puertos y el mercado local deben contribuir en la mejora de la movilidad de carga por medio de planes de acciones conjuntas, de tal manera que permita fortalecer el Corredor Logístico de Carga que conecta a los puertos, parques, zonas logísticas del Caribe y el Pacífico panameño.

Se determinó que se necesitan hacer mejoras importantes como: agregar valor a la carga, ampliación de puertos existentes y construcción de nuevos terminales portuarias, construcción de un hub de exportaciones y fortalecer el corredor de carga y servicios portuarios.

Los puertos panameños deben ofrecer nuevos servicios portuarios con el fin de atraer nuevos clientes potenciales y de

esta manera incrementar el volumen de TEU movilizados anualmente.

Se recomienda la estandarización de la información, reportes y estadísticas portuarias tanto nacional como internacional. De la misma manera, realizar trabajos futuros de investigación tomando en cuenta los puertos que han adecuado sus instalaciones portuarias para recibir buques Neopanamax en América; así como realizar mediciones periódicas de la eficiencia para los puertos existentes con el objeto de generar un ranking de eficiencia portuaria de América Latina y el Caribe.

Esta investigación contribuye con el estudio actualizado de eficiencias portuarias para los puertos de Centroamérica, Colombia y las Antillas Mayores, cercanos al Canal de Panamá.

Como trabajo futuro, se recomienda desarrollar estudios en otros aspectos, incluidos la eficiencia, que permitan conocer los efectos causados por la COVID-19 sobre las operaciones portuarias y el movimiento de carga en la región.

Agradecimiento

Agradecemos a la Dra. Zoila Yadira Guerra de Castillo, profesora a tiempo completo de la Universidad Tecnológica de Panamá, por su orientación durante la realización de la investigación.

Referencias

- [1] A. Arieu, "Eficiencia técnica comparada en elevadores de granos de Argentina, bajo una aplicación de análisis de envolvente de datos. La situación del puerto de Bahía Blanca," Consorc. Gestión del Puerto Bahía Blanca, 2004.
- [2] R. J. Sánchez and F. Pinto, "El gran desafío para los puertos: la hora de pensar una nueva gobernanza portuaria ha llegado," Boletín FAL, Facil. del Transp. y el Comer. en América Lat. y el Caribe, vol. 337, no. 1, 2015, [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37847-gran-desafio-puertos-la-hora-pensar-nueva-gobernanza-portuaria-ha-llegado>.
- [3] K. Lucenti, I. Corbacho, E. Feijóo, and S. Deambrosi, "¿ Mantenerse a flote ? Oportunidades en el Sector del transporte marítimo de las Américas," BID, 2017, [Online]. Available: <https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/mantenerse-a-flote-opportunidades-en-el-sector-del-transporte-maritimo-de-las-americas/>.
- [4] F. Arroyo Crejo, "Análisis de Inversiones Portuarias y Aeroportuarias en América Latina y el Caribe 2040," 2016. [Online]. Available: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1180>.
- [5] M. A. Lara G., "Optimization of Container Port Operations using Data Envelopment Analysis," no. Imsci, pp. 82–87, 2018, [Online]. Available: <http://www.iiis.org/CDs2018/CD2018Summer/papers/HA327SV.pdf>.
- [6] F. Romero M., "La tendencia en el mundo es buscar la eficiencia portuaria," La Prensa, Honduras, San Pedro Sula, Honduras, 2016.
- [7] D. Cabone, M. Frutos, and R. Casal, "Eficiencia Portuaria, Análisis de los indicadores para su determinación," VII Cong. Argentino Ing. Ind. En Puerto Madryn, Argentina, vol. 1, no. October 2014, 2014, doi: 10.13140/2.1.2287.3285.
- [8] I. Lábas, "Importance of Applying Data Envelopment Analysis in Case of Higher Educational Institutions," Ann. Fac. Econ. Univ. Oradea, Fac. Econ., vol. 1, pp. 742–749, 2015, [Online]. Available: <https://ideas.repec.org/a/ora/journl/v1y2015i1p742-748.html>.
- [9] M. González and A. Cararero, "Caracterización de parámetros físicos de las terminales de contenedores del sistema portuario español," Ingeniería y Cienc., vol. 5, no. 10, pp. 49–73, 2009, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3198458>.
- [10] A. R. Schuschny, "El Método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe," Chile, 2007. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4752-metodo-dea-su-aplicacion-al-estudio-sector-energetico-emisiones-co2>

america.

- [11] J. M. Saborido B., "Modelos DEA de metafrontera: un análisis temporal usando el índice de Malmquist," Universidad de Sevilla, 2013. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5291/fichero/MODELLOS+DEA+DE+METAFRONTERA.pdf>.
- [12] A. Vázquez, "Eficiencia técnica y cambio de productividad en la educación superior pública: un estudio aplicado al caso español (2000-2009)," Universidad Autónoma de Madrid, 2011.
- [13] C. B. Peretto, "Métodos Para Medir Y Evaluar La Eficiencia De Unidades Productivas," Rev. la Esc. Perfecc. en Investig. Oper., vol. 24, no. 39, pp. 5–25, 2016, [Online]. Available: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/epio/article/view/16540/16354>.
- [14] A. Gutiérrez O., "El Puerto de Lázaro Cárdenas y su eficiencia en la cuenca del Pacífico (2003- 2008): Un Análisis Envolvente de Datos (DEA)," 2010.
- [15] V. A. Chang R. and M. A. Carvajal N., "Medición de productividad y eficiencia de los puertos regionales del Perú: un enfoque no paramétrico," 2010. [Online]. Available: https://www.cies.org.pe/sites/default/files/investigaciones/medicion_de_productividad_y_eficiencia_de_los_puertos_0.pdf.
- [16] F. Chediak P. and L. E. Valencia A., "Metodología para medir la eficiencia mediante la técnica del Análisis Envolvente de Datos-DEA-," Vector, vol. 3, pp. 70–81, 2008, [Online]. Available: http://vector.ucaldas.edu.co/downloads/Vector3_7.pdf.
- [17] M. K. Epstein and J. C. Henderson, "Data Envelopment Analysis for Managerial Control and Diagnosis," Decis. Sci., vol. 20, no. 1, pp. 90–119, Mar. 1989, doi: 10.1111/j.1540-5915.1989.tb01399.x.
- [18] J. Aparicio B., "Una introducción al análisis envolvente de datos.," Boletín Estadística e Investig. Oper., vol. 23, no. 1, pp. 12–17, 2007, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/28299160_Una_introduccion_al_analisis_envolvente_de_datos.
- [19] J. M. Huguénin, Data Envelopment Analysis (DEA) - A pedagogical guide for decision makers in the public sector, vol. 41, no. 0. 2012.
- [20] O. Doerr and R. J. Sánchez, "Indicadores De Productividad Para La Industria Portuaria.," 2006.
- [21] PNUD and CCND, "Plan Estratégico Nacional con Visión de Estado," Panamá, 2017. [Online]. Available: <https://www.pa.undp.org/content/panama/es/home/library/poverty/plan-estrategico-nacional-con-vision-de-estado-2030.html>.
- [22] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), "Informe de la actividad portuaria de América Latina y el Caribe 2018," 2018. [Online]. Available: <https://www.cepal.org/es/notas/informe-la-actividad-portuaria-america-latina-caribe-2018>.
- [23] W. A. Ibarra V., "Determinación de la eficiencia de los puertos panameños a través del Análisis Envolvente De Datos (DEA)," Universidad del Caribe, Panamá, 2020.
- [24] C. Simón de Blas, A. Arias Coello, and J. Simón Martín, "Efficiency in the provision of public services: a DEA of the Universidad Complutense de Madrid," Rev. española Doc. Científica, vol. 30, no. 1, pp. 9–23, Mar. 2007, doi: 10.3989/redc.2007.v30.i1.366.
- [25] J. F. Lopez, S. Fernández H., and M. M. Morales, "Aplicación de la técnica DEA (Data Envelopment Analysis) en la determinación de eficiencia de centros de costos de producción," Sci. Tech., vol. XIII, no. 37, pp. 395–400, 2007, [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4787530>.
- [26] L. A. M. Clemente Moquillaza, "Optimización de la eficiencia operativa de las oficinas de un banco comercial utilizando DEA (data envelopment analysis)," Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019.
- [27] A. Hussain and M. Jones, "An Introduction to Frontier Analyst @ 4," 2010. [Online]. Available: <https://banxia.com/pdf/fa/FAWorkbook1.pdf>.
- [28] J. Solana Ibáñez, "Evaluación de la Eficiencia Técnica de Unidades Productivas mediante el Análisis Envolvente de Datos: software Frontier Analyst Professional," 4o Congr. Int. Multidiscip. Investig. Educ., 2015, [Online]. Available: <http://amiedu.org/actascmie15/wp-content/uploads/2016/06/Contribution407.pdf>.
- [29] V. M. Olmedo Vázquez, J. L. Minjares Lugo, E. C. Poyato, M. L. H. Hernández, and J. A. Rodríguez Díaz, "Uso del análisis envolvente de datos (DEA) para evaluar la eficiencia de riego en los módulos del distrito de riego No. 041, Río Yaqui (Sonora, México)," Rev. la Fac. Ciencias

Agrar., vol. 49, no. 2, pp. 127–148, 2017, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382853527010.pdf>.

- [30] F. M. Barretto Mac Dowell, "Uma aplicação do método de Data Envelopment Analysis - DEA para medir a eficiência operacional dos terminais de contêineres," e Gestão, vol. 3, no. 3, jul./set., pp. 105–128, 2007, [Online]. Available: <https://www.unisantos.br/mestrado/gestao/egesta/artigos/119.pdf>.

[31] G. Campos Pires, "Estudo da eficiência de terminais de contêineres usando o método da Análise Envoltória de Dados (DEA)," Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

[32] UNCTAD, "Informe sobre el transporte marítimo 2017," 2017. [Online]. Available: https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2017_es.pdf.

Simulación de los datos de un exoesqueleto en tareas de rehabilitación para miembros superiores.

Gerardo Moreno^a , Manuel Ferre² , Cristian Pinzón^b 

¹Universidad Tecnológica de Panamá, ciudad de Panamá, República de Panamá. ²Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid, España.

³Centro de Automática y Robótica (CAR) UPM-CSIC.

¹{gerardo.moreno2, cristian.pinzon}@utp.ac.pa; ²m.ferre@upm.es

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3544



Resumen: La aplicación de entornos virtuales en áreas de la medicina es un estudio que ha tomado influencia en los últimos años debido al gran impacto que proveen estas tecnologías para apoyar o conocer el estado del paciente. Los sistemas de simulación permiten dar un vistazo al usuario de los diversos métodos que permitirán activar o iniciar su proceso de recuperación. La fisioterapia a su vez es un sector que se ha inclinado por el uso de estas prácticas para apoyar al paciente en su recuperación locomotora, ya sea para el tren superior o inferior. Este artículo desarrolla un entorno virtual que tiene el objetivo de simular y capturar los movimientos efectuados por un paciente en tareas de rehabilitación, tomando el enfoque del uso de exoesqueletos para darle o no un apoyo al mismo. El sistema propuesto emplea las tecnologías de captura de movimiento por medio de OptiTrack para detectar las trayectorias del usuario, que son enviadas a un entorno virtual desarrollado en Unity para simular y mostrar el movimiento realizado. Estas trayectorias son manipuladas en una aplicación de Matlab obteniendo los resultados sobre los niveles de desviación detectados en los ejercicios de rehabilitación, concluyendo con la validez y la eficiencia que poseen los exoesqueletos en el apoyo en enfoques fisioterapéuticos.

Palabras clave: Discapacidad física, exoesqueleto, simulación, software, rehabilitación, robótica.

Title: Data simulation of an exoskeleton in upper limb rehabilitation tasks.

Abstract: The application of virtual environments in areas of medicine is a study that has taken influence in recent years due to the great impact that these technologies provide to support or know the patient's condition. Simulation systems allow to give the user a glimpse of the various methods that will activate or initiate their recovery process. Physiotherapy in turn is a sector that has

leaned towards the use of these practices to support the patient in his locomotor recovery, either for the upper or lower train. This article develops a virtual environment that aims to simulate and capture the movements performed by a patient in rehabilitation tasks, taking the approach of the use of exoskeletons to give or not a support to it. The proposed system uses motion capture technologies through OptiTrack to detect the user's trajectories, which are sent to a virtual environment developed in Unity to simulate and display the movement performed. These trajectories are manipulated in a Matlab application obtaining the results on the levels of deviation detected in the rehabilitation exercises, thus concluding with the validity and efficiency that exoskeletons have in supporting physiotherapeutic approaches.

Keywords: Physical disability, exoskeleton, simulation, software, rehabilitation, robotics.

Tipo de artículo: investigación.

Fecha de recepción: 15 de junio de 2022.

Fecha de aceptación: 16 de enero de 2023.

1. Introducción

La simulación de sistemas virtualizados es una técnica que ha sido aplicada en aquellos entornos donde se requiere de un medio extra para la comprensión de una situación real. Estos sistemas han permitido estudiar modelos y escenarios con un conjunto de parámetros que afectan al resultado final, lo que facilita el estudio de sus ejecuciones en el desarrollo de aplicaciones orientadas a un problema en cuestión.

Muchos sectores se han inclinado en la integración de estos sistemas debido al beneficio que conllevan dichos modelos. Para el caso de la medicina, estos sistemas aportan un medio para conocer el estado del paciente, así como para estudiar la evolución progresiva de recuperación que presentan al ser tratados. La fisioterapia, siendo un área de la medicina enfocada en el tratamiento de pacientes con problemas locomotores, ha demostrado grandes avances al aplicar estos métodos con tal fin. Estudios como [1] demuestran una influencia por estos sistemas virtuales para el análisis de pacientes que sufren de una disminución en la actividad muscular del tren inferior.

En lo que se refiere al caso concreto de los sistemas aplicados a la fisioterapia, se observa una inclinación por el uso de tecnologías para la captura del movimiento en tareas terapéuticas. Esto como resultado de la facilidad que proveen los equipos para que el paciente pueda ejercer las tareas sin el apoyo del especialista. Se han desarrollado sistema como [2] y [3] que buscan aplicar las propiedades de la captura de movimiento para monitorear las trayectorias del paciente.

El trabajo presentado en [4] concluye resultados positivos en el uso de este medio para apoyar al paciente en la reactivación y recuperación neuromusculoesquelética del tren superior, restableciendo el 90% de la movilidad parcial para el codo. También se denota una recuperación del casi 70% para la muñeca y del 89% para la movilidad del hombro a los diez días del tratamiento realizado. Estas evoluciones se midieron por

medio de una recuperación porcentual no constante, ya que el tratamiento del sistema locomotor del tren superior corresponde a una estructura compleja debido a la anatomía del mismo.

Existen aplicaciones de captura de movimiento junto a modelos de cinemática que mejoran la comprensión de las trayectorias realizadas por las extremidades superiores. El modelo visto en [5] integra sensores flexibles y electromiográficos superficiales o sEMG para estimar la orientación del hombro por medio de una evaluación de gestos. Estos sistemas proveen un medio extra para la recolección de datos y el estudio en sesiones de rehabilitación. Dependiendo de la implementación, dichos sistemas se miden por medio de estimaciones dinámicas como [6] o vía diagnósticos realizados por especialistas vistos en [7].

Otro enfoque del uso de esta tecnología se encuentra en el apoyo de equipos para la rehabilitación como prótesis, órtesis o exoesqueletos. Este último ha presentado una imagen innovadora al ser aplicado como una nueva herramienta para la rehabilitación. Se han desarrollado equipos como [8] y [9] donde aplican los mecanismos de los exoesqueletos para cumplir con los protocolos fisioterapéuticos al darle un apoyo a los pacientes, lo que facilita en gran medida la ejecución de estos ejercicios.

Por ello, este artículo presenta los métodos y desarrollos de un entorno virtual que emplea las tecnologías de OptiTrack [10] para capturar el movimiento realizado por pacientes en tareas de rehabilitación, enfocando el uso de exoesqueletos como medio de apoyo para los mismos. El sistema virtual se basa en el entorno de desarrollo de videojuegos Unity para la creación del escenario junto a una aplicación de Matlab para el análisis de las trayectorias capturadas.

El esquema del artículo se estructura de la siguiente forma: La primera sección presenta una introducción al tema a tratar, la segunda sección muestra la metodología aplicada a esta investigación. La tercera sección indica cada uno de los métodos para el desarrollo de este sistema, así como la recolección de los datos y los experimentos desarrollados. La siguiente sección muestra los resultados obtenidos en las pruebas realizadas y, por último, se presentan las conclusiones del proyecto.

2. Diseño y Metodología

El proyecto de investigación es de tipo aplicado, porque plantea una solución a un problema concreto. A su vez, posee un alcance descriptivo al explicar y desarrollar el problema de investigación, dando como resultado una solución.

2.1 Metodología del ciclo de ingeniería de software

La metodología de la investigación se basa en el ciclo de ingeniería de software, a razón del sistema obtenido como resultado del proyecto.



Figura 1. Ciclo de ingeniería de software para el desarrollo de programas informáticos.

La figura 1 indica los pasos de la metodología aplicada. Para la elaboración del sistema, se definieron las necesidades detectadas en el problema de investigación. Luego se realizó un análisis sobre las diversas tecnologías que darían un buen resultado al ser aplicadas en el entorno. Se pasó al diseño del sistema para luego codificar cada uno de los entornos virtuales y métodos necesarios. A partir de este punto, se realizaron las pruebas para evaluar el sistema desarrollado junto a su validación. Por último, se detectaron las posibles mejoras a integrar en el sistema.

3. Materiales y métodos

El desarrollo de este sistema se basa en el uso de diferentes componentes tanto de hardware como de software. A continuación, se explicarán cada uno de ellos.

3.1 Tecnologías implicadas

La investigación presenta una relación entre el diseño y los requerimientos que permiten el procesamiento de las trayectorias capturadas junto a la simulación del entorno virtual, concluyendo con la selección de equipos tecnológicos capaces de ejercer dicha labor.

3.1.1 OptiTrack

La tecnología OptiTrack es un sistema de captura de movimiento basado en el uso de marcadores reflectantes que identifican la posición de un objeto en un escenario tridimensional [11]. Posee un conjunto selecto de cámaras digitales que permiten realizar la captura de movimiento por diversas metodologías para lograr obtener el mejor resultado.



Figura 2. Cámara OptiTrack PrimeX13W dirigida a la zona de captura del movimiento.

3.1.2 Soportes impresos para los marcadores

Se imprimieron tres soportes por medio de impresoras tridimensionales para obtener una estructura física capaz de fijar los marcadores OptiTrack en el brazo del paciente. Esto permite localizar los puntos del hombro, codo y muñeca de este, por un condicionamiento del software de captura de movimiento donde se requieren de tres puntos reflectantes para generar un objeto rígido. El objeto rígido provee la información de las coordenadas tridimensionales del escenario, así como los ángulos de rotación en los que se encuentra posicionado el objeto.



Figura 3. Soporte impreso con marcadores colocados en cada una de sus secciones.

3.1.3 Circuito para los actuadores

Son varios los componentes utilizados para lograr efectuar el movimiento de los actuadores en el exoesqueleto utilizado. Por lo que se esquematizará el circuito general del mismo para dar un vistazo de los principales componentes.

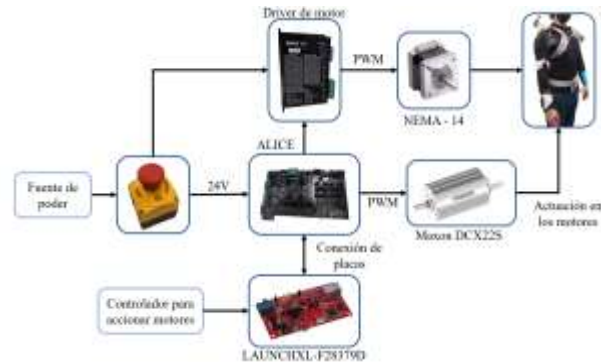


Figura 4. Circuito del exoesqueleto con los actuadores integrados.

Se tienen principalmente los motores Maxon DCX22S y NEMA-14 para manipular el movimiento del hombro y codo, respectivamente. Estos actuadores se ven controlados por dos drivers de motor capaces de obtener una modulación por pulso (PWM) que indique cuántas rotaciones deberán ejecutar. La placa central que recibe y manipula las PWM de los motores es la placa Texas LAUNCHXL-F28379D junto a una shield llamada Alice desarrollada por el Centro de Automática y Robótica, de la Universidad Politécnica de Madrid.

3.2 Software utilizado

Se emplearon las siguientes herramientas de software encargadas del procesamiento de datos.

3.2.1 Motive

El programa Motive [12] es la herramienta principal que permite manipular y gestionar cada una de las cámaras OptiTrack para la captura de movimiento. Esta plataforma permite etiquetar cada uno de los marcadores para crear cuerpos rígidos e identificar los diferentes movimientos que puede llegar a capturar este tipo de tecnologías.

3.2.2 Unity

Unity 3D es un motor para el desarrollo de videojuegos con una gran capacidad de adaptación con respecto a las necesidades o requerimientos del sistema a programar. Posee entornos para la integración de escenarios, paquetes, interfaces y propiedades de física que complementan las diversas acciones que un usuario puede realizar.

3.2.3 Matlab

Matlab es una plataforma de programación para el desarrollo de sistemas multiparadigmas relacionados con el procesamiento y análisis de datos. La herramienta aplica diversos métodos de manipulación de matrices, desarrollo de interfaces,

implementación de algoritmos y funciones, al igual que mecanismos para la visualización de información estructurada en valores o datos.

3.2.4 CCS

Code Composer Studio (CCS) [13] es un entorno de desarrollo virtual enfocado en la programación de scripts utilizados en la serie de placas Texas Instruments. Soporta los diferentes sistemas integrados en las placas Texas para manipular los microcontroladores y efectuar la actuación de diversos mecanismos programados en el entorno.

3.2.5 Plugin e interconexiones

Para la unión entre los programas utilizados, se empleó de un conjunto de plugin e interactuadores que reciben la información obtenida por una plataforma para ser enviada a otra.

- Unity Plugin //Para la interconexión con la plataforma Motive y Unity, de tal forma que se puedan enviar los datos de la captura de movimiento al entorno virtual.
- TCP Client //Para enviar y recibir los datos del usuario ingresados al entorno de Unity hacia la plataforma de Matlab.

3.3 Recolección de datos

Se desarrolló un muestreo por conveniencia seleccionando dos participantes sanos capaces de realizar cada uno de los ejercicios de rehabilitación sin limitaciones o efectos adversos. A continuación, se muestra una tabla con los datos de los participantes.

Tabla 1. Datos de los participantes para realizar las prácticas junto al sistema. La altura está medida en centímetros (cm).

N°	Edad		Género	Altura
1	22		M	178
2	21		M	184

Para la recolección de los datos, se le indicó a cada uno de los participantes realizar tres ejercicios de rehabilitación practicados en sesiones fisioterapéuticas: la flexión-extensión del codo junto a la flexión-extensión y la abducción-aducción del hombro. Estos tres ejercicios son realizados mientras los participantes utilizan o no el exoesqueleto LuxBit [8] para apoyar al movimiento.

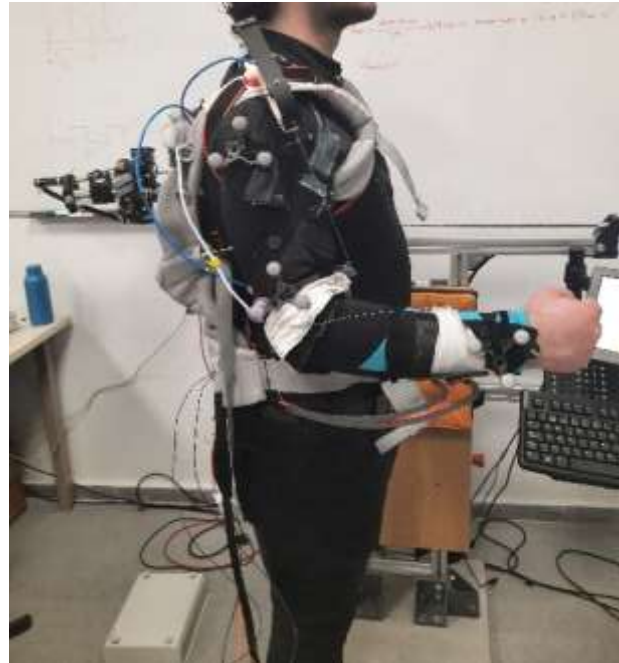


Figura 5. Exoesqueleto LuxBit siendo utilizado por uno de los participantes junto al sistema para capturar el movimiento.

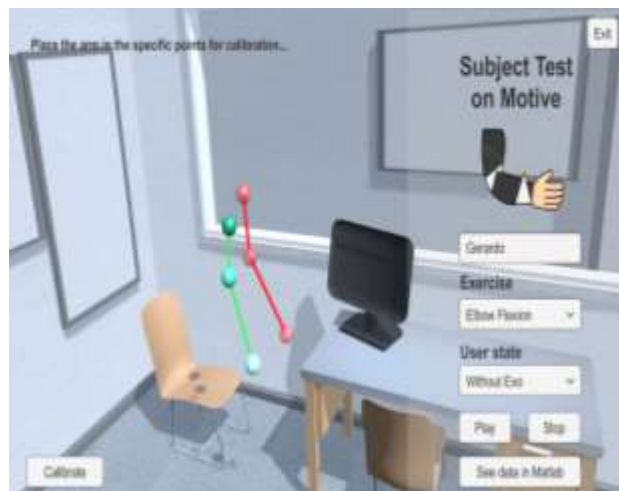


Figura 6. EV simulado desde Unity para el seguimiento de las trayectorias del paciente.

Las pruebas se realizaron en tiempo real capturando las trayectorias ejercidas por los participantes mientras estos visualizan la simulación del movimiento ejecutado por medio del entorno virtual. Una vez finalizado el ejercicio, realizaron un descanso de tres minutos para evitar la fatiga muscular de la extremidad.

3.4 Ejecución del sistema

Una vez se tiene el sistema desarrollado, es posible realizar cada uno de los ejercicios de rehabilitación indicados en las secciones anteriores.

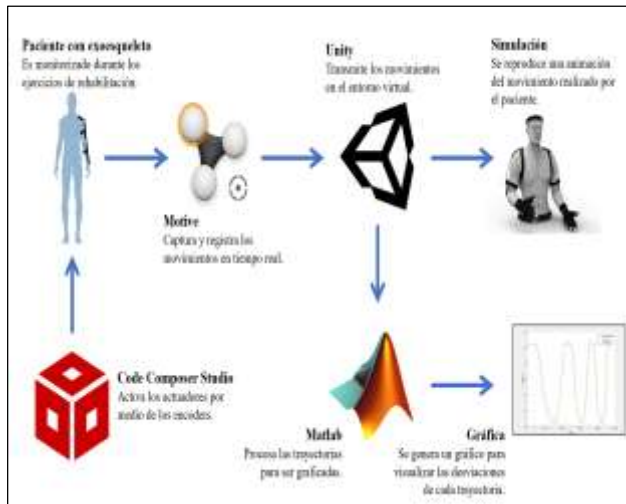


Figura 7. Diseño conceptual del sistema desarrollado.

El entorno virtual en Unity es iniciado al recibir los datos vía transferencia en tiempo real desde la plataforma de Motive, el cual es manipulado por otro computador independiente al principal para conservar el procesamiento de ambos computadores. Desde este punto se inicia un ejercicio integrado al sistema, lo que mostrará la simulación del movimiento que el paciente debe realizar. Una vez sea completado luego de terminar cinco ciclos donde se ejerce el mismo movimiento, el sistema termina la captura de los datos para dar lugar a la aplicación de Matlab, la cual mostrará una gráfica con una comparación de las trayectorias realizadas por el paciente con respecto al estándar.

4. Resultados

Se realizaron cinco pruebas por cada una de las modalidades, lo que da un total de veinte ensayos recopilados por ejercicio de rehabilitación donde se puso a prueba el funcionamiento del sistema. Por ello, los resultados se analizarán dependiendo de la modalidad al momento de capturar los datos.

4.1 Pruebas sin apoyo del exoesqueleto

Los resultados en pruebas donde no se le da un apoyo al participante se ven representados en las siguientes figuras. Se demuestra una desviación con un valor medio de 3.27% para la flexión-extensión del codo, 4.93% para la flexión extensión del hombro y 3.74% para la abducción-aducción del hombro.

En contraste a la desviación identificada, se visualiza una incapacidad de algunos participantes en lograr posicionar correctamente el brazo en el estado final de los ejercicios, dando como resultado un ángulo medio inferior respecto al estándar del 2.4°, 3.18° y 3.84°, respectivamente.

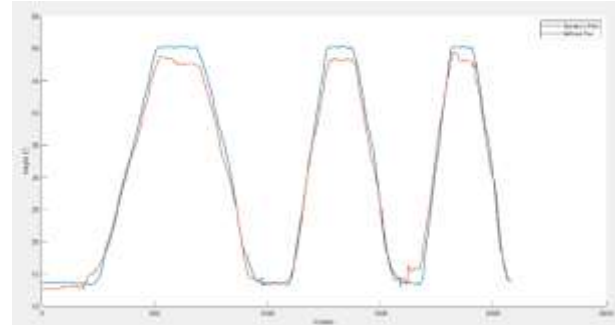


Figura 8. Trayectorias realizadas por participante en flexión-extensión del codo sin utilizar un exoesqueleto.

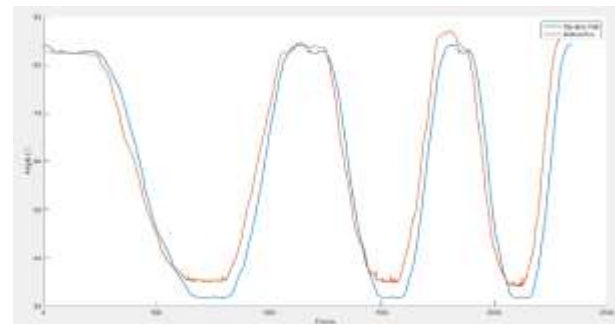


Figura 9. Trayectorias realizadas por participante en flexión-extensión del hombro sin utilizar un exoesqueleto.

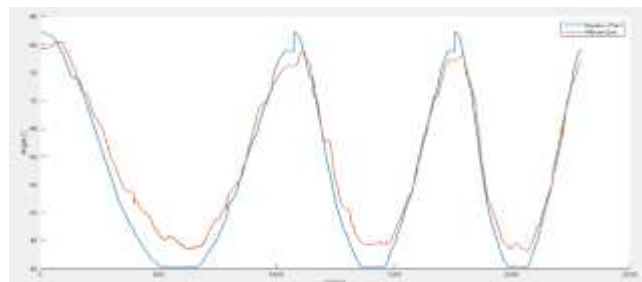


Figura 10. Trayectorias realizadas por participante en abducción-aducción del hombro sin utilizar un exoesqueleto.

Existen posibles razones por las que los participantes no alcanzaron el punto indicado en la simulación mostrada. Principalmente, se denota la posibilidad de que los participantes no llegaran a la posición máxima por sí mismos, aunque se mostrara una referencia de la posición de su propia extremidad. Otro caso corresponde a la posibilidad de que la calibración recibida por parte de las cámaras digitales no sea correlacional con respecto al posicionamiento de las simulaciones, lo que produce una variancia de milímetros de diferencia en el posicionamiento real.

4.2 Pruebas con apoyo del exoesqueleto

Los experimentos donde el usuario se ve apoyado por los actuadores del exoesqueleto LuxBit demuestran resultados positivos. Se presenta una disminución en las desviaciones producidas por los participantes a la hora de realizar el cambio de la posición inicial al estado final donde mantiene su brazo elevado

en cualquiera de los tres ejercicios. Para el ejercicio de flexión-extensión del codo, la desviación media calculada ronda en un 1.7%, siendo un 1.57% más estable que las pruebas donde el participante no recibe apoyo.

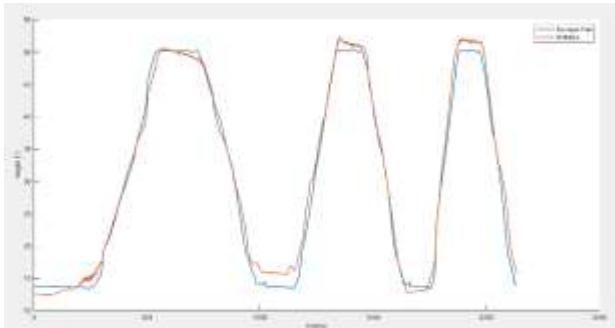


Figura 11. Trayectorias realizadas por participante en flexión-extensión del codo al ser apoyado por un exoesqueleto.

El soporte recibido por el exoesqueleto contribuye a mantener una velocidad constante al momento que los participantes elevan su brazo. La magnitud de los ángulos mostrados en la gráfica es casi similar. Sin embargo, existe una variación de 1.52° como ángulo medio por encima de la posición indicada. Esto se atribuye a la posibilidad de que el exoesqueleto provee una fuerza mayor de la que el usuario requiere para efectuar el ejercicio mostrado.

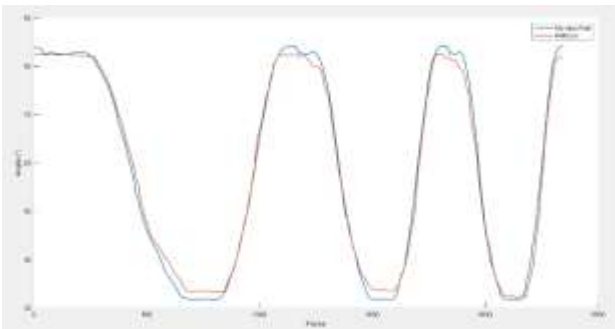


Figura 12. Trayectorias realizadas por participante en flexión-extensión del hombro al ser apoyado por un exoesqueleto.

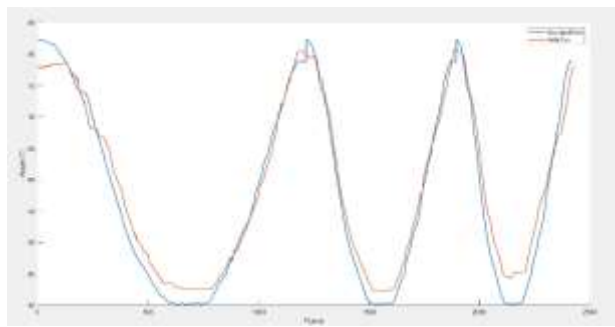


Figura 13. Trayectorias realizadas por participante en abducción-aducción del hombro al ser apoyado por un exoesqueleto.

Para la flexión-extensión del hombro en esta modalidad, se identifican resultados significativos. La desviación media

mostrada es del 1.14%, disminuyendo la varianza en las trayectorias casi en su totalidad. Estos resultados indican el gran nivel de precisión que posee el sistema para detectar correctamente el movimiento aplicando el movimiento circular producido por el brazo.

El ángulo medio calculado es de 1.42° de diferencia con relación al valor angular esperado. Adicionalmente, los resultados demuestran una desviación menor cuando el participante mantiene el brazo totalmente elevado, gracias al equilibrio que provee el exoesqueleto en la extremidad del mismo.

Por último, las pruebas en la abducción-aducción del hombro muestran un 2.17% como desviación media en relación con el estándar, siendo la mayor desviación calculada a diferencia de los otros ejercicios de rehabilitación. Del mismo modo, se obtuvo un valor angular del 2.53° siendo el mayor ángulo calculado en las pruebas realizadas para esta modalidad.

5. Conclusiones

Este artículo presenta el desarrollo de un entorno virtual para la simulación de los datos de un exoesqueleto en tareas de rehabilitación, lo que permite tener un conocimiento del beneficio que proveen estos equipos para la reactivación de los músculos. A continuación, se mencionan los logros obtenidos en esta investigación:

Se desarrolló un sistema con diversas interconexiones entre plataformas para mejorar el trabajo realizado por cada una de las aplicaciones, permitiendo la transmisión de los datos y el procesamiento de estos.

Se diseñó y programó un conjunto de interfaces que permiten acceder a las funcionalidades de la aplicación. Esto facilita en gran medida el uso de la herramienta para ser utilizada por personas que no posean tanta experiencia con equipos informáticos.

Se identificaron los diversos aspectos a tomar en cuenta para la unión entre un equipo de rehabilitación y sistemas de captura de movimiento para ser utilizado como una aplicación médica.

Se demostró el beneficio que proveen los equipos de rehabilitación como los exoesqueletos para el beneficio de los pacientes que posean limitaciones o debilidades locomotoras.

Por último, se busca continuar con el desarrollo del proyecto, incluyendo tecnologías más eficientes y fáciles de emplear para realizar un diagnóstico más rápido.

Referencias

- [1] R. Loréns, E. Noé, C. Colomer, and M. Alcañiz, "Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial.," *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, vol. 96, no. 3, pp. 418-425.e2, Mar. 2015, doi:10.1016/j.apmr.2014.10.019. https://www.researchgate.net/publication/269176345_Effectiveness_Usability_and_Cost-Benefit_of_a_Virtual_Reality-Based_Telerehabilitation_Program_for_Balance_Recovery_After_Stroke_A_Randomized_Controlled_Trial
- [2] R. Unnikrishnan, K. Moawad, and R. R. Bhavani, "A physiotherapy toolkit using video games and motion tracking technologies," in *2013 IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)*, 2013, pp. 90-95. doi: 10.1109/GHTC-SAS.2013.6629895. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6629895>
- [3] A. L. Rincon, H. Yamasaki, and S. Shimoda, "Design of a video game for rehabilitation using motion capture, EMG analysis and virtual reality," in

- 2016 *International Conference on Electronics, Communications and Computers (CONIELECOMP)*, 2016, pp. 198–204. doi: 10.1109/CONIELECOMP.2016.7438575. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7438575>
- [4] J. Martín-Moreno, D. Ruiz-Fernández, A. Soriano-Paya, and V. Jesús Berenguer-Miralles, "Monitoring 3D movements for the rehabilitation of joints in physiotherapy," in *2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 2008, pp. 4836–4839. doi: 10.1109/IEMBS.2008.4650296. https://www.researchgate.net/publication/23932967_Monitoring_3D_movements_for_the_rehabilitation_of_joints_in_physiotherapy
- [5] A. F. Contreras-González, J. L. Samper-Escudero, D. Pont-Esteban, F. J. Sáez-Sáez, M. Á. Sánchez-Urán, and M. Ferre, "Soft-Wearable Device for the Estimation of Shoulder Orientation and Gesture," in *Haptics: Science, Technology, Applications*, 2020, pp. 371–379. https://www.researchgate.net/publication/344142275_Soft-Wearable_Device_for_the_Estimation_of_Shoulder_Orientation_and_Gesture
- [6] E. M. Ortega, "Análisis dinámico inverso de la marcha humana," 2019, [Online]. Available: <https://idus.us.es/handle/11441/100202#.YjMgpnzyw6Y.mendeley>
- [7] B. Lange, S. Flynn, R. Proffitt, C.-Y. Chang, and A. Rizzo, "Development of an Interactive Game-Based Rehabilitation Tool for Dynamic Balance Training," *Top. Stroke Rehabil.*, vol. 17, pp. 345–352, 2010, doi: 10.1310/tsr1705-345. https://www.researchgate.net/publication/49657989_Development_of_an_Interactive_Game-Based_Rehabilitation_Tool_for_Dynamic_Balance_Training
- [8] J. L. Samper-Escudero, A. Giménez-Fernández, M. Á. Sánchez-Urán, and M. Ferre, "A Cable-Driven Exosuit for Upper Limb Flexion Based on Fibres Compliance," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 153297–153310, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3018418. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9173782>
- [9] J. L. Samper-Escudero, S. Coloma, M. A. Olivares-Mendez, M. Á. Sánchez-Urán, and M. Ferre, "Assessment of a textile portable exoskeleton for the upper limbs' flexion," in *2021 IEEE 2nd International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS)*, 2021, pp. 1–6. doi:10.1109/ICHMS53169.2021.9582447. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9582447>
- [10] NaturalPoint, "OptiTrack: Motion Capture System," 2022. <https://optitrack.com/>
- [11] NaturalPoint, "OptiTrack: Markers," 2019. <https://v22.wiki.optitrack.com/index.php?title=Markers>
- [12] NaturalPoint, "Motive - Optical Motion Capture Software" 2022. <https://optitrack.com/software/motive/>
- [13] Texas Instruments, "Code Composer Studio Integrated Development Environment," 2022. <https://www.ti.com/tool/CCSTUDIO>

Dra. Rosa María Britton, panameña, altruista, científica, médico-oncóloga y escritora

Briseida Bloise Navarro 

Biblioteca Nacional de Panamá "Dr. Emresto J. Castellero", Ciudad de Panamá, República de Panamá.

bbloise@binal.ac.pa

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3766



Resumen: La trayectoria de Rosa María Britton, transcurre entre la medicina y la literatura. Participó de la modernización del Instituto Oncológico de Panamá y como directora de la Fundación Pro-Biblioteca Nacional, realizó una extraordinaria gestión cultural.

Este artículo hace un recorrido por las distintas ejecutorias de su participación en la vida pública del país que la llevó a ser reconocida como una figura distinguida por sus méritos. Se listan algunos de sus escritos, los cuales le generaron un público lector permanente. Sus obras han sido traducidas al inglés, francés, italiano y sueco.

Se hizo merecedora en seis ocasiones del premio de literatura más importante del país: el Premio Ricardo Miró.

Publicó dieciocho obras y fue invitada como oradora por universidades norteamericanas en reiteradas ocasiones para compartir esa experiencia literaria. Es la escritora panameña que más nos ha representado en ferias a nivel internacional.

Palabras clave: medicina, oncología, juventud, educación sexual, literatura, política.

Title: Dr. Rosa María Britton, Panamanian, altruist, scientist, medical-oncologist and writer.

Abstract: *The trajectory of Rosa Maria Britton, runs between medicine and literature. She participated in the modernization of the Oncology Institute of Panama and was the director of the Pro-National Library Foundation, where she carried out an extraordinary cultural accomplishment.*

This article takes a tour of the different achievements of her participation in the public life of the country that led her to be recognized as a distinguished figure for her merits. Some of her writings are listed, which generated a permanent public following. Her works have been translated into English, French, Italian and Swedish.



She has won six times the most important literature prize in the country: the Ricardo Miró Prize. She published eighteen books and was invited to speak at many Universities in the United States on several occasions to share her literary experience. As a Panamanian writer, she has represented our country at international events and fairs more than anyone else

Key words: medicine, oncology, youth, sex education, literature, politics

De su vida y obra:

Cursó sus estudios de primaria en la Escuela de María Inmaculada y posteriormente con las Dominicas Francesas en Cuba. En 1963 se recibió como médico cirujano en la Universidad de Madrid, España y su especialidad la hizo en ginecología y oncología, en el Brooklyn Jewish Medical Center realizando una extensa práctica privada en New York. Le sobreviven sus hijos Walter y Gabrielle.

En Panamá realizó valiosos aportes científicos: En la década de 1980 se formalizaron los trámites del Gobierno Panameño, con el Gobierno del Japón, para la dotación del equipo médico quirúrgico, ultrasonido, rayos x, laboratorio clínico y patológico para el Hospital Santo Tomás, ya que todavía el Centro Cancerológico era un departamento de dicho hospital. El 5 de diciembre de 1982, se efectúa la inauguración oficial del Instituto Oncológico Nacional, bajo la dirección de la Dra. Rosa María Crespo de Britton, quien fue el jefe del Departamento del Centro Cancerológico y

primera directora del Instituto. La Ley 11 del 4 de julio de 1984, formaliza la creación del Instituto Oncológico Nacional, Juan Demóstenes Arosemena, regido por un patronato con personería jurídica propia, se inicia una estructura administrativa y técnica del Instituto, desarrollándose así la programación computarizada.

Con la eficiencia y el liderazgo que le caracterizó, dirigió la Fundación Biblioteca Nacional, por más de 20 años, convirtiéndola en un centro cultural de alta importancia para el país. El concepto de memoria nacional, lo abrazó como suyo y asumió como tarea permanente el que todo autor panameño entregara sus obras a esta institución. También manifestó su compromiso con el desarrollo de las bibliotecas en las comunidades, porque tuvo muy claro que estas deben ser verdaderos centros de promoción de la lectura. La Lectura da conocimiento y poder. Por otra parte, con el apoyo de la Junta Directiva se designa un Consejo Editorial, del cual formó parte. Esta relación activa y cercana refleja el compromiso que tuvo con el desarrollo cultural y educativo de este país.

En su bibliografía, refleja el aspecto vivencial, como materia para escribir. Solía decir que:

«He vivido cinco dictaduras: Me tocaron uno detrás del otro... Primero en Cuba, que empezó Fulgencio Batista y Zaldívar, que acabó con nosotros y que después de la matanza de Plaza Cadenas cerraron la universidad. Tuvimos que irnos, pues, mi hermana tenía un novio que estaba involucrado en la resistencia (estudiantes), y ella usaba unas faldas enormes que se llamaban "engañadoras". Ella andaba con armas colgadas debajo de la "engañadora" para llevárselas al novio... cuando mi papá se dio cuenta nos dijo: "¡Fuera de aquí las dos!". Entonces, nos mandaron a España a estudiar. Allí estaba papi Franco, él nos apañó. Había que reportarse a la guardia civil cada tres meses. En la España de los tiempos de Franco, no había nada, todo era estraperlo, había que contrabandear de todo, pero era una España muy tranquila, muy culta, porque se quedó en el siglo XIX... Por eso cuando murió Franco, se desataron, se abrió el destaje. Después me fui para Estados Unidos y cuando regresé a Panamá estaba Omar Torrijos y por último me toca vivir la dictadura de Manuel Antonio Noriega... Así que son cinco en mi cuenta».

Fue merecedora de importantes distinciones, entre estos la condecoración Gran Cruz del Sur de Colombia. Su participación en la vida pública del país la llevó a ser reconocida como una figura prominente. Es una líder natural, independiente, altamente apreciada por los políticos y a través de sus escritos, consolidó un público permanente.

Se describía como cuentacuentos sin grandes pretensiones ni maestrías literarias con la pura comprensión humana y buen sentido del humor demostrando dignidad y mostrando el camino de la valentía y la voluntad. Tuvo el talento irrefutable tanta disciplina como espontaneidad. Referente de nuestra literatura con valiosas aportaciones, sobre nuestro pasado y presente cultural, con un alto sentido humanista de carácter universal y con participación

activa en la vida pública panameña, especialmente en la defensa de los derechos humanos de las mujeres y de la salud. Como escritora fue invitada a diferentes universidades y ferias a nivel internacional. Se hizo merecedora de diversos reconocimientos tanto por sus logros académicos como científicos y literarios. Ente los autores que marcaron su obra literaria se encuentran: Emile Zola, Federico García Lorca, Julio Verne, Somerset Maugham, Jorge Amado, Naguib Mahfuz...

Como conferencista no perdía oportunidad de dialogar con los jóvenes sobre la lectura y la literatura, y por supuesto, sobre sexualidad responsable. Fue una luchadora incansable por los derechos de la mujer y los adolescentes, especialmente por el derecho a recibir información oportuna sobre sexualidad. Siempre fue clara y extrovertida, con una elocuencia sagaz, logró captar la atención de su público, auditorios que manejó con naturalidad y liderazgo demostrado.

A partir de 1972, estableció su residencia en Panamá, y dirigió por veinte años el Instituto Oncológico Nacional. A su empeño personal y profesional, debemos la atención especial que recibiera el cáncer como especialidad en Panamá y la incidencia sobre el control y seguimiento de esta enfermedad.

Rosa María, fue una ciudadana ejemplar, una gran maestra. una mujer independiente y altamente apreciada por los políticos. Además, una gran cocinera, ambientalista, una extraordinaria dama que supo disfrutar de su vida en familia, sus amados perros y la buena música... ¡Una gran mujer!

Cargos relevantes como científica En Panamá

- **Instituto Oncológico Nacional.**
1975 -1978 jefa del Servicio de Ginecología Oncológica.
1982 -1987 directora del Instituto Oncológico Nacional.
- **American College of OBS-GYN.**
1982 vice-Chairan.
- **Laboratorio Conmemorativo Gorgas.**
1984 -1988 Investigadora Asociad.
1989 investigadora principal.
- **Sociedad Panameña de Oncología.**
1987-1989 presidente.
- **Asociación Nacional para el Avance de la Ciencia (APANAC).**
1985 directora de Prensa y de 1991 a 1993.
- vicepresidenta **Fundación Pro-Cultura.**
1991 presidenta.
- **Centro Médico Paitilla.**
1993 jefa del Departamento de Ginecología y Obstetricia.
- **Asociación Nacional Contra el Cáncer.**
1993 -1995 vicepresidenta.

- **Federación Latinoamericana de Asociaciones de Cancerología (FLACSA).**
1990 -1993 Coordinadora Zona 1.
1993 -1996 presidenta.

En el Extranjero:

- **Brooklyn Jewish Medical Center (USA).**
1966 -1972 Miembro del servicio de oncología.
- **Greenpoint Hospital (USA).**
1966 -1972 Miembro del servicio de oncología.
- **Downstate Medical School (USA).**
1968 -1972 Profesor Adjunto.
- **Instituto Nacional de Cancerología (México).**
1985 - Miembro del Consejo Editorial Revista INC.

Conferencias y discursos

Publicó muchos estudios sobre su especialidad recibiendo numerosas distinciones en el campo de la medicina. Perteneció a prestigiosas asociaciones médicas de Panamá, Estados Unidos y Europa.

- Salud sexual reproductiva de la mujer / Rosa María Britton. -- Panamá: Centro de Producción Audiovisual, USMA, 1999. Cátedra Mujer y desarrollo en Panamá. DVD.
- Diversidad sexual en niños, jóvenes y adultos con discapacidad, embarazos en niñas y adolescentes / Rosa María Britton. – Hospital Materno Infantil José Domingo de Obaldía. David, Chiriquí.
- La importancia de la Novela Histórica / Rosa María Britton. -- XV Feria Internacional del Libro. Santo Domingo, República Dominicana. 2012.
- Bolívar en la novelística / Rosa María Britton.
- La mujer de hoy, ¿libre o cautiva? / Rosa María Britton.
- No perdamos también el Siglo XXI / Rosa María Britton.
- Ciencia, tecnología y cultura / Rosa María Britton. Presentación con ardientes fulgores de gloria / Rosa María Britton.
- Discurso con motivo de la entrega del Premio Ricardo Miró, 1991 Rosa María Britton.
- La Novela como género literario / Rosa María Britton.
- Con motivo de la presentación del #24 de la Revista Nacional de Cultura, 1991 / Rosa María Britton.

Legado literario

Novelas

- El ataúd de uso 1982 Primer Premio de Novela Ricardo Miró, Panamá.
- El Señor de las lluvias y el viento 1984 Primer Premio de Novela Ricardo Miró, Panamá.

- No pertenezco a este siglo 1991 Primer Premio de Novela Ricardo Miró, Panamá.
- Todas íbamos a ser reinas 1997, Colombia.
- Laberintos de orgullo 2002 Costa Rica, Colombia.
- Suspiros de fantasmas 2005 Costa Rica.
- Historias de Mujeres Cruelles. 2010. Panamá.
- Tocino del Cielo, 2015. Panamá.

Libros de cuento

- ¿Quién inventó el mambo? 1985 premio cuento concurso Ricardo Miró, Panamá.
- La muerte tiene dos caras 1987 premio cuento Walt Whitman, Costa Rica.
- Semana de la mujer y otras calamidades 1995, España.
- La nariz invisible y otros misterios 2001, España.

Teatro

- Esa esquina del paraíso 1985 Primer Premio de Teatro Ricardo Miró, Panamá.
- Banquete de despedida Primer Premio de Teatro 1987 concurso Ricardo Miró, Panamá.
- MI\$\$ Panamá, 1988.
- Los loros no lloran 1994 Primer Lugar de los Juegos Florales México, Centroamérica, Guatemala.

Orientación educativa

- La costilla de Adán 1980-2004.

Reconocimientos

- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. “El Ataúd de uso”. Sección novela. 1982.
- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. “El señor de las lluvias y el viento”. Sección novela. 1984.
- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. Quién inventó el mambo. Sección cuento. 1985.
- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. Esa esquina del paraíso. Sección teatro. 1986.
- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. Banquete de despedida. Sección teatro. 1987.
- Primer Premio del Concurso Ricardo Miró. No pertenezco a este siglo. Sección novela. 1991.
- Primer Lugar del Premio de teatro en los Juegos Florales México, Centro América, el Caribe y Panamá de Quetzaltenango, Guatemala, 1994.
- Concurso literario Fullbright. La muerte tiene dos caras. Sección cuento. Primer premio, San José, Costa Rica, 1985.
- Premio César Escritora del Año, Lo Ángeles, California, Estados Unidos, 1985.

- Distinguida como Mujer del Año. Medalla de Oro Raquel De León. Federación de Mujeres de Negocios, Panamá 1987.
- Socia Honoraria de la Sociedad de Cancerología, El Salvador, 1987.
- Fue nombrada Hija Meritoria de la Ciudad Capital, recibiendo las llaves de la ciudad el 30 de julio de 1996. Por más de 20 años, presidió la Fundación Biblioteca Nacional, con eficiencia y liderazgo demostrado convirtiéndola en un centro cultural de alta importancia para el país.
- Como médico fue merecedora de importantes reconocimientos, entre estos la condecoración Gran Cruz del Sur de Colombia, por sus logros académicos y profesionales. Su participación en la vida pública del país la llevó a ser reconocida como una figura prominente. Es una líder natural, independiente altamente apreciada por los políticos y a través de sus escritos, consolidó un público permanente.

Artículos Científicos

- Cáncer del cuello uterino en Panamá. Revista Médica Panamá, 1979 *
- Carcinoma de ovario en Panamá: epidemiología y tratamiento. Archivos Médicos Hospital Santo Tomás. 1982.
- Cervical cancer in Panama, 1974-1978. Hafez ESE and Smith JP, Eds, Carcinoma of the cervix biology, etiology and diagnosis. Boston: Martinues Nijhoff Publishers, 1982 *
- Cancer incidence in the republic of Panama, 1974-1978. Jnat Cancer Inst., 1982 *
- Cervical cáncer in the republic of Panama, AM J. Epidemiol, 1984 *
- Aspectos epidemiológicos del cáncer cérvico uterino en la república de Panamá. Revista Médica de Panamá, 1984*
- Herpes simplex type 2 and human papillomavirus type 16 in cervicitis, displasia and invasive cervical carcinoma. International Journal Cancer, 1985 *
- Herpes simplex virus type 2 and human papillomavirus type 16 in cervicitis, displasia and invasive cervical carcinoma. European Journal of Gynecological Oncology. 1985 *
- Benefits of surgery over radiotherapy in certain stages of invasive cervical carcinoma. European Journal of Gynecological Oncology, 1985.
- Case control study of cervical cancer in Herrera Province, Republic of Panama. International Journal Cancer, 1985.
- Seroepidemiología del virus HTLV-III en una población de panameños de alto riesgo: informe preliminar. Rev. Médica de Panamá, 1986 *

- Pregnancy after treatment for endodermal sinus tumor. Journal of the European Society of Gynecological Oncology, 1987
- Case-control study of human papillomavirus and cervical cancer in Latin America. Ins. J. Cancer, 1987 *
- Acquired immunodeficiency syndrome in the Republic of Panama. Am J. Trop Med. Hyg., 1988.
- Human papillomavirus (HPV) infection and cervical cancer in Latin America. N. Engl. J. Med., 1989 *
- The male factor in the etiology of cervical cancer. Int. J. Cancer, 1989 *
- Parity as a risk factor for cervical cancer. Am. J. Epidemiol (In Press), 1990 *
- Oral contraceptives and risk of invasive cervical cancer. Inst. J. Epidemiol (In Press), 1990
- Sexual behavior, hygiene practices, venereal diseases and invasive cervical cancer in a high-risk population *
- Injectable contraceptives and risk of invasive cervical cancer: evidence of an Association. Int. J. Cancer, 1990 *
- Sexual activity and genital papillomavirus infection in Panama women. American Journal Epidemiol (IN PRESS). 1993 *
- Human papillomaviruses and other influences, on survival from cervical cancer in Panamá. American Journal Obstet.-Gynecol. (IN PRESS), 1993 *
- Infección por el virus del papiloma humano en la mujer adulta en Panamá. Revista Médica de Panamá, 1993 *
- Los métodos anticonceptivos. Revista Mujeres Adelante, 1989.
- Cáncer de cuello uterino. Vamos Mujer, revista del frente femenino popular, 1986.
- Cáncer de ovarios. Boletín informativo del Centro Médico Paitilla, 1998.
- Pubertad: época de conflictos. Boletín informativo de Clínicas y Hospitales, S.A., 2003.

Referencias

- [1] "History of Panama (1964–77)." Wikipedia. Wikimedia Foundation. Web. 15 Mar. 2015. <[http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Panama_\(1964–77\)](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Panama_(1964–77))>.
- [2] "Separation of Panama from Colombia." Wikipedia. Wikimedia Foundation. Web. 15 Mar. 2015. http://en.wikipedia.org/wiki/Separation_of_Panama_from_Colombia
- [3] 5 títulos para "Rosa Maria Britton" · TOCINO DEL CIELO · La nariz invisible y otros misterios · El Ataud de Uso · New Panama Canal: A Breathtaking Journey Between...
- [4] Britton RC, Reeves WC, Valdéz PF, Joplin CFB, Brenes MM. Cervical cancer in Panama, 1974-1978. Hafez ESE and Smith JP, Eds, Carcinoma of the cervix biology, etiology and diagnosis. Boston: Martinues Nijhoff Publishers, 1982.
- [5] Britton RC. Carcinoma de ovario en Panamá: epidemiología y tratamiento. Archivos Médicos Hospital Santo Tomás. 1982.

- [6] Britton, Rosa María - Escritores.org - Recursos para escritores. 2019.
- [7] Conversando con Doctora Rosa María Britton - parte 1. 2019
- [8] Conversando con Doctora Rosa María Britton - parte 1. Jul 19, 2019. Canal de Panamá.
- [9] Gómez- Precilla, L. Fundamentos literarios que muestran que la obra de Rosa Todas íbamos a ser reinas es una novela realista hispanoamericana. Revista científica Orbis Cognitas, Vol 4, Num 1, 2020.
- [10] Homenaje a Rosa María Britton
- [11] Adiós, Rosa María Britton. <http://elqueleesedacuenta.blogspot.com/2019/07/adios-rosa-maria-britton.html>. 2019.
- [12] <http://entrevistasdesdelima.blogspot.com/2015/12/rosa-maria-britton.html> <https://n.com.do/2019/07/16/fallece-la-multipremiada-y-reconocida-escritora-panamena-rosa-maria-britton/>
- [13] <http://portal.amelica.org/ameli/journal/html>
- [14] Universidad Tecnológica de Panamá http://www.cultura.utp.ac.pa/escritores/britton_rosa.html. 2022
- [15] <http://www.revistasexcelexcelencias.com/excelexcelencias-turisticas-centroamerica/>
- [16] Biblioteca Nacional de Panamá. <https://binal.ac.pa/RmbBinal.2022>
- [17] Web de la salud. <https://lawebdelasalud.com/homenaje-a-pioneras-de-la-ciencia-en-panama-porque-fueron-y-seran/>
- [18] Ally H. Rosa María Britton. https://prezi.com/zq3gvvp_pkmr/rosa-maria-britton/. 2015.
- [19] <https://sertv.gob.pa/crisolfm/los-poemas-ineditos-de...>
- [20] Diario cultura. Fallece la multipremiada y reconocida escritora panameña Rosa María Britton. https://www.eldiario.es/cultura/Fallece-multipremiada-Rosa-Maria-Britton_0_921457863.html. 2019.
- [21] Escritores. Rosa María Britton. <https://www.escriitores.org/28084-britton-rosa-maria>. 2019.
- [22] <https://www.laestrella.com.pa/cafe-estrella/cultura>
- [23] Lecturalia. Biografía Rosa María Britton. <https://www.lecturalia.com/autor/rosa-maria-britton.2022>
- [24] M. Lasso. La hipocresía ronda la educación sexual en Panamá. <https://www.panamaamerica.com.pa/nacion/britton-hipocresia-ronda-la-educacion-sexual-en-panama-1100282>. 2018.
- [25] L. Herrera. La patria agradecida le rinde homenaje a Rosa María Britton. https://www.prensa.com/opinion/Patria-agradecida-Rosa-Maria-Britton_0_5353714625.html. 2019.
- [26] https://prezi.com/zq3gvvp_pkmr/rosa-maria-britton/
- [27] Tvn 2. Entrevista Rosa María Britton. https://www.tvn-2.com/videos/entrevistas/Rosa-Maria-Britton-Doctora-escritora_2_4285091451.html. 2015.
- [28] Tv Perú. <https://www.youtube.com/watch?v=f9iRHsz6Rl8> 09.08.2013 Historia de mujeres crueles de Rosa María Britton-. 2013.
- [29] TecnoEduc507. Conversaciones con La Universidad - Homenaje a la Dra. Rosa María Britton https://www.youtube.com/watch?v=IriDu_xuWps&t=2058s. 2016.
- [30] NexPanama. Escritora Rosa María Britton se refirió al primer Debate Presidencial. <https://www.youtube.com/watch?v=sJTdy2aii8s>. 2019.
- [31] Ureta de Carrillo, V. s.f. La gringomanía en dos obras de Rosa María Britton: amor se escribe con g y esa esquina del paraíso. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14876365/la-gringomania-en-dos-obras-de-rosa-maria-britton->
- [32] La costilla de Adán / Rosa M. Crespo de Britton; ilustraciones por: Domingo Quiñones V.-- [San José, Costa Rica]: Litografía e Imprenta LIL, 1985. ISBN 9977-47-061-8
- [33] Rosa María Britton. La novela como género literario / Rosa María Britton. En: Viceversa: revista de letras. No. 4 (jun. 1994). -- Panamá: Instituto Nacional de Cultura.
- [34] Libros de Rosa María Britton · Suspiros de fantasmas. 2005 · Laberintos de orgullo. 2002 · Todas íbamos a ser reinas. 1997 · No pertenezco a este siglo. 1991 · El ...
- [35] López Cruz, Humberto. "Aproximación social a la narrativa de Rosa María Britton." Revista Iberoamericana 67.196 (2001): 497-506.
- [36] López Cruz, Humberto. "Rosa María Britton: nuevo perfil de la literatura panameña." Confluencia 15.1 (1999): 121-26.
- [37] Los poemas inéditos de la escritora Rosa María Britton
- [38] Muerte geométrica / Rosa María Crespo de Britton. En: Revista nacional de cultura. No. 24 (abr. 1992). -- Panamá: Instituto Nacional de Cultura.
- [39] Panamá / Rosa María Britton, con colaboración de Denis Alfonso Couto Ríos. Panamá: Ediciones Balboa, 2001. ISBN 9962-8805-2-1
- [40] Reeves WC, Valdés PF, Brenes MM, de Britton RC, Joplin CFB. Cancer incidence in the republic of Panama, 1974-1978. Jnat Cancer Inst., 1982
- [41] Rosa María Britton ante la crítica / [Luis A. Jiménez... et al.]; Humberto López Cruz, editor.-- Madrid : Verbum, 2007. 162 p. ; 20 cm. -- (Verbum narrativa). ISBN 978-84-7962-393-7
- [42] Rosa María Britton, una historia de herencia sociocultural ...
- [43] Rosa María Britton: libros y biografía autora - Lecturalia
- [44] Valdés PF., Britton R., Reeves WC, et al. Cáncer del cuello uterino en Panamá. Revista Médica Panamá, 1979.
- [45] Web. 15 Mar. 2015. <<http://www.theguardian.com/world/2010/apr/27/manuel-noriega-us-friend-foe>>.2010
- [46] Wikipedia, la enciclopedia libre. Rosa María Britton. https://es.wikipedia.org/wiki/Rosa_Maria_Britton
- [47] YouTube · Canal de Panamá · 19 jul 2019

Rosa María es un ser tan extraordinario que faltan palabras para describirla. Al mismo tiempo, que compleja, sencilla y firme en sus convicciones y decisiones.

«El gran desafío es deconstruir su vida para construir su legado...»

Severo Ochoa de Albornoz Español, médico, científico, bioquímico y biólogo molecular

Jesús Araúz¹⁻³ 

¹Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, C/José Gutiérrez Abascal, 2, 28006, Madrid, España.

²Panama Railway Engineering Research Group, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá 0819-07289

³Grupo de investigación en Energética y Confort en Edificaciones Bioclimáticas, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá 0819-07289.

jesus.arauz@alumnos.upm.es

DOI: 10.33412/pri.v%v.%i.3767



Resumen: Desde muy temprana edad, Severo Ochoa de Albornoz mostró interés por las ciencias naturales. Su empeño y el apoyo de sus profesores, lo llevaron a estudiar medicina en busca de la bioquímica. El buen desempeño académico, y la convivencia con personas destacadas, lo llevaron poco a poco a contribuir al desarrollo científico de las ciencias. Su notable producción científica, junto a las situaciones políticas de España, lo condujeron a tener vastas experiencias en el extranjero e, inclusive, nacionalizarse en EE. UU. Su trayectoria fue reconocida por muchos individuos y entidades alrededor del mundo, lo cual lo llevó a ganar un Premio Nobel y a ser un personaje influyente en varias ramas del conocimiento más allá de las ciencias naturales.

Palabras clave: medicina, premio nobel, bioquímica, ADN,

Abstract: From an early age, Severo Ochoa de Albornoz showed an interest in natural sciences. His commitment and the support of his teachers, led him to study medicine in search of biochemistry. His good academic performance, and living with prominent people, gradually allowed him to contribute to the scientific development of science. His notable scientific production, together with the political situations in Spain, led him to have vast experiences abroad and, even, to become a USA citizen. His career was recognized by many people and entities around the world, which made him to win a Nobel Prize and be an important person in various fields of knowledge beyond the natural sciences.



Figura 1. Dr. Severo Ochoa de Albornoz (1905-1993) [3].

Keywords: *medicine, Nobel Prize, Biochemistry, DNA.*

Datos de su vida

Severo Ochoa de Albornoz nació el 24 de septiembre de 1915 en Luarca, Asturias, España. El Dr. Ochoa fue un médico y científico español de trayectoria mundial. En el año 1959, el Dr. Ochoa de Albornoz gana el Premio Nobel de Fisiología o Medicina [1][2] en conjunto con el estadounidense Dr. Arthur Kornberg [1]-[17].

Familia e infancia

Fue el octavo hijo de sus padres, Severo Manuel Ochoa y Carmen de Albornoz. Su padre era abogado y un hombre de negocios trasladado a Puerto Rico, en donde fundó el Auxilio Mutuo Español, un centro médico de considerable prestigio en la zona. Severo Manuel Ochoa realizó la mayor parte de su carrera profesional en Puerto Rico, por lo cual todos sus hijos, con excepción del primero y el último, Severo Ochoa de Albornoz. Esto se debe a que Severo Manuel Ochoa se retiró prontamente de los negocios en América para regresar a Asturias. En 1912 fallece su padre. Esto sucedió cuando tenía 7 años. Este hecho no impactó notablemente en la economía familiar, debido a que la madre siguió cobrando de los negocios de Puerto Rico, lo que permitió que la educación de los hijos se siguiese desarrollando oportunamente. En el mismo año, la familia se trasladó al sur de España, a la Ciudad de Málaga [12].

Educación

Severo había iniciado sus estudios en el Colegio de los Hermanos Maristas de Gijón. Con el traslado de la familia, tuvo que seguir en un colegio Jesuita en Málaga, para posteriormente inscribirse al Instituto de Segunda Enseñanza

de Málaga. Obtuvo el grado de bachiller en 1921 y allí el profesor de química, Eduardo García Rodeja, le despertó el interés por las ciencias naturales [16]. Además, en su autobiografía [18], Severo indica su inicial inclinación por estudiar ingeniería, pero también su fuerte inclinación por la biología.

En 1922 se traslada a Madrid para estudiar la carrera de medicina motivado por su profunda admiración hacia el neurólogo español Santiago Ramón y Cajal [5][19][6], quien en ese momento era el único científico español que había conseguido el premio Nobel [14] en 1906 [16]. A tal punto era su admiración por Santiago Ramón y Cajal [19], que le dedicó un epílogo a una biografía en 1982: "Tienes en tus manos la biografía del más grande hombre de ciencia que España ha tenido y uno de los más grandes que ha tenido la humanidad; de la estatura, a mi juicio, de un Galileo, un Newton, un Darwin, un Pasteur o un Einstein, que con su obra hicieron posible nuestra actual comprensión del universo, la naturaleza, la vida y de nosotros mismos" [16]. Ochoa se matricula entonces en la Facultad de Medicina de Madrid en 1923 [9] y luego en 1928 obtiene la licenciatura en medicina por la Universidad Complutense de Madrid [3]. En la Escuela de Medicina de la Universidad de Madrid obtuvo una graduación con honores [17].

En 1930 defendió su tesis doctoral en Madrid [3] titulada: *Los hidratos de carbono en los fenómenos químicos y enérgicos de la contracción muscular* [6].

Cabe resaltar que Severo Ochoa se matriculó en la Facultad de Medicina porque era la carrera en España que permitía desarrollarse mejor los estudios biológicos. En el tercer año de la carrera confirmó su vocación a la investigación biológica. Sin embargo, comentó que hubiese preferido iniciar su formación como bioquímico desde la química y no desde la medicina, puesto que se sintió afectado por la deficiente preparación química que obtuvo durante su formación. Severo no consideraba ejercer la práctica de la medicina, pero las condiciones del momento le hicieron decantarse por la medicina como la mejor opción para empezar [18].

Vida Universitaria

Al finalizar el segundo curso, el profesor Juan Negrín le ofreció la oportunidad de iniciar su carrera investigadora en un laboratorio instalado en la Residencia de Estudiantes de Madrid, en donde coincidió con el reconocido neurohistólogo Pío del Río Hortega [20]. A partir del año 1927, Ochoa vivió en la Residencia de Estudiantes de la Universidad de Madrid y esto le permitió relacionarse con destacados intelectuales y artistas como Federico García Lorca, Luis Buñuel o Salvador Dalí [5][10][6]. Durante su estancia realizó el servicio militar y sus primeros viajes al extranjero, como a Francia y a Bélgica.

Además de tener sus primeras experiencias internacionales, las cuales luego influirían en sus decisiones de formarse en el extranjero, fue elegido colaborador del manual "Elementos de Bioquímica" en 1927 y tuvo varias ediciones posteriores [20].

Matrimonio

En 1931 Ochoa contrae nupcias con Doña Carmen García-Cobián [17], asturiana y amiga de sus hermanas. Ochoa

confesó que su esposa Carmen fue la mujer de su vida, gracias a ella recibió el apoyo familiar a lo largo de su trayectoria, resultando decisivo para el desarrollo de su vocación científica [13].

Vida profesional, académica y científica.

Ochoa fue asistente del profesor Juan Negrín en la Universidad de Madrid en 1931 y realizó trabajos como postgraduado en la Universidad de Glasgow que trabajó con el profesor Noel Patón [3][17]. Ochoa logró obtener varias becas en las Universidades de Glasgow, Berlín y Londres, y principalmente en Heidelberg (Alemania). En concretamente en el Instituto Kaiser Wilhelm para la Investigación Médica [5]. Ochoa dictó cursos en las universidades de Madrid, Heidelberg y Oxford.

En 1940 se instaló en Estados Unidos, y en 1956 obtuvo la nacionalidad estadounidense. Ochoa se incorporó en 1942 a la facultad del College of Medicine de la Universidad de Nueva York; en 1954 fue nombrado director del departamento de bioquímica. En 1955 aisló la polinucleotidofosforilasa, enzima capaz de realizar la síntesis de ácidos ribonucleicos. Por este descubrimiento le fue concedido el Premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1959 [2], compartido con el bioquímico estadounidense Arthur Kornberg; Ochoa fue galardonado por sus investigaciones sobre el mecanismo de la síntesis biológica del ácido ribonucleico (ARN) [5], Kornberg por las realizadas sobre el ácido desoxirribonucleico (ADN) [5]. El Dr. Severo Ochoa recibió otros reconocimientos, como el Doctor Honoris Causa por más de diez universidades de diferentes partes del mundo [17].

Obra científica

Fue la primera persona que sintetizó un ácido nucleico, en el año 1955 [15]. El Premio Nobel le fue otorgado en conjunto con Arthur Kornberg por los importantísimos descubrimientos relacionados con el mecanismo de la síntesis biológica del ácido ribonucleico (ARN) y del ácido desoxirribonucleico (ADN) [4][2]. Además del Premio Nobel, hizo descubrimientos sobre los melanóforos de la piel de la rana en la guanidina, lo que publicó en los "Proceedings of the Royal Society" en 1928; publicó en 1929 en el "Journal of Biological Chemistry", una revista de muy alto impacto, el micrométodo que desarrolló para la determinación de la creatina en el músculo; presentó un artículo en 1935 sobre los niveles de adenilpirfosfato en la contracción muscular en el Congreso Internacional de Fisiología de Leningrado; en 1938, junto al profesor Peters de Oxford, estudió la función de la tiamina y de la cocarboxilasa en la oxidación del piruvato, lo cual es considerado su mayor contribución durante su estancia en Oxford; en 1940 publicó en la famosa revista "Nature", en donde empleó por primera vez el término "fosforilación oxidativa" para describir el proceso formativo del trifosfato de adenosina (ATP); entre 1945 y 1955, junto a sobresalientes investigadores, describieron varias de las enzimas del ciclo de Krebs, proceso que fue inicialmente descrito y laureado con un Premio Nobel en 1953 por dos compañeros de Severo Ochoa, Hans Krebs y Fritz Lipmann [20].

Años finales y fallecimiento

A partir de 1961, las visitas a España eran cada vez más recurrentes. Participó en el Primer Congreso Nacional de Bioquímica en 1963. En 1975 mismo año fue homenajeado con la primera recolección de su trabajo titulado “Trabajos Reunidos de Severo Ochoa (1928-1975)” y con un libro titulado “Reflections on Biochemistry”, cuya portada fue elaborada por Salvador Dalí. La Fundación Colegio Libre de Eméritos editó nuevos volúmenes de “Trabajos Reunidos de Severo Ochoa (1975-1986)”. Cuando regresa definitivamente a Madrid, en 1985, ejerció como director honorario del Centro de Biología Molecular Severo Ochoa. En 1987 ingresó a la Real Academia Nacional de Medicina de España y fue presidente de la Fundación Jiménez Díaz. En 1986, con 81 años, publicó su último trabajo [3].

Ochoa fallece en Madrid el 1 de noviembre de 1993 [10]. Sus restos mortales descansan junto a los de su esposa en el cementerio de Luarca, Asturias, España [21]. El Dr. Severo Ochoa de Albornoz nos dejó el siguiente pensamiento: “Si os apasiona la Ciencia haceros científicos. No penséis lo que va a ser de vosotros. Si trabajáis firme y con entusiasmo, la Ciencia llenará vuestra vida” [16].

Referencias

- [1] Severo Ochoa, “Severo Ochoa Nobel Lecture,” *The Nobel Foundation*, 1959. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1959/ochoa/lecture/> (accessed Jan. 28, 2023).
- [2] J. M. Sadurni, “Severo Ochoa, el padre de la biología molecular,” *Temas. Biografías. Científicos universales.*, 2022. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/severo-ochoa-padre-biologia-molecular_18380 (accessed Jan. 28, 2023).
- [3] Wikipedia, “Severo Ochoa,” *Biografía*, 2023. https://es.wikipedia.org/wiki/Severo_Ochoa (accessed Nov. 14, 2022).
- [4] Instituto Cervantes, “Severo Ochoa. Biografía,” 2021. https://www.cervantes.es/bibliotecas_documentacion_espanol/biografias/chicago_severo_ochoa.htm (accessed Nov. 14, 2022).
- [5] T. Fernández and E. Tamaro, “Severo Ochoa,” *Biografía de Severo Ochoa. En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea [Internet]*, 2023. <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/o/ochoa.htm> (accessed Jan. 28, 2023).
- [6] SEBBM, “Severo Ochoa,” *Archivo histórico*, 2023. <https://sebbm.es/biografias-destacadas/severo-ochoa/> (accessed Jan. 28, 2023).
- [7] T. E. of E. Britannica, “Severo Ochoa Spanish-American biochemist,” *Encyclopedia Britannica*, 2022. <https://www.britannica.com/biography/Severo-Ochoa> (accessed Jan. 28, 2023).
- [8] Universidad de Málaga, “Severo Ochoa un premio nobel español por sus investigaciones sobre los ácidos nucleicos,” *Ácidos nucleicos*, 2023. <https://www.um.es/molecula/sbqan06.htm> (accessed Jan. 28, 2023).
- [9] M. Losada-Villasante, “Severo Ochoa de Albornoz,” *Real Academia de la Historia*, 2018. <https://dbe.rah.es/biografias/7163/severo-ochoa-de-albornoz> (accessed Nov. 18, 2022).
- [10] A. Morán, “Severo Ochoa, Premio Nobel y padre de la Biología Molecular en España,” *Dciencia*, 2021. <https://www.dciencia.es/severo-ochoa-premio-nobel-y-padre-de-la-biologia-molecular-en-espana/> (accessed Jan. 28, 2023).
- [11] U. P. de Madrid, “Ochoa, Severo (1905-1993),” *Biblioteca Nacional de España*, 2022. <https://datos.bne.es/persona/XX1720970.html> (accessed Nov. 18, 2022).
- [12] L. Almagro, “Severo Ochoa: biografía y resumen de sus aportes a la ciencia,” *Historia de la ciencia*, 2023. <https://medicoplus.com/biografias/severo-ochoa>
- [13] Fundación Carmen y Severo Ochoa, “Severo Ochoa,” *La química de la vida*, 2022. https://www.carmenyseverochoa.es/severo_ochoa.php (accessed Nov. 18, 2022).
- [14] Open Mind BBVA, “Severo Ochoa, la química de la vida,” *Ciencia grandes personajes*, 2015. <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/grandes-personajes/severo-ochoa-la-quimica-de-la-vida/> (accessed Jan. 18, 2018).
- [15] Junta de Andalucía, “Severo Ochoa (1905-1993),” *Unidad 2. El proceso histórico de la ciencia de la salud. La medicina en la historia*, 2016. https://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/27012016/42/es-an_2016012714_9125937/cuerpo_humano/ochoa.htm (accessed Nov. 18, 2022).
- [16] X. Pardell, “Severo Ochoa,” *Apuntes de electromedicina*, 2022. <https://www.pardell.es/severo-ochoa.html> (accessed Nov. 18, 2022).
- [17] Hospital Universitario Severo Ochoa, “Hospital Nobel,” *Historia*, 2023. <https://www.comunidad.madrid/hospital/severoochoa/nosotros/historia> (accessed Jan. 28, 2023).
- [18] S. Ochoa, “The pursuit of a hobby,” *Annu Rev Biochem*, vol. 49, pp. 1–30, 1980. doi: 10.1146/annurev.bi.49.070180.000245.
- [19] I. Moreno and J. Serracín, “Dr. Santiago Ramón y Cajal: médico, científico y pintor,” *Revista Prisma Tecnológico*, vol. 12, pp. 86–87, 2021.
- [20] M. Losada Villasante, “Severo Ochoa de Albornoz,” *Real Academia de la Historia*, 2018. <https://dbe.rah.es/biografias/7163/severo-ochoa-de-albornoz> (accessed Dec. 29, 2023).
- [21] Turismo Luarca, “Atalaya y cementerio,” *Turismo Luarca-Valdés*, 2019. <https://www.turismoluarca.com/cultura/19-lugares-historicos/31-atalaya-y-cementerio?jij=1674957438469> (accessed Nov. 18, 2022).

José Rodríguez Labandera: Inventor, Mecánico, Militar y Científico Ecuatoriano

Ing. Juan Carlos Muñoz, Mgs. 

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. - Vicerrectorado Académico, Ciudad de Manta, Provincia de Manabí, Ecuador.

juan.munoz@uleam.edu.ec

DOI: 10.33412/pr.v.%v.%l.3765



Resumen: Rodríguez Labandera inventó y creó varias máquinas, siendo una de las más representativas el submarino llamado "Hipopótamo" [1]. Aportó con sus estudios en física náutica y mecánica a las Fuerzas Armadas de Colombia y Perú [2]. Pese a todos sus conocimientos e invenciones, no contaba con el respaldo y la ayuda del gobierno [3], Rodríguez tenía un potencial de ideas que logró plasmar en todos los inventos que él creaba, pero por ser de una persona de escasos recursos, no pudo materializar todo ese bagaje de ideas, ya que sólo recibió elogios [3].

Rodríguez Labandera creó varias máquinas, como por ejemplo la máquina de tejer sombreros de paja toquilla, la pierna artificial articulada, la máquina especial para la fundición de imprenta [1] [2] [3]. Viajó a otros países de Sudamérica aportando con más inventos, poniéndolos a disposición de los marines, por esto se lo considera el inventor del primer submarino latinoamericano [4].

Palabras clave: Científico, naval, armada, matemática, física.

Title: José Rodríguez Labandera: Inventor, Mechanic, Military and Ecuadorian scientist.

Abstract: Rodríguez Labandera invented and created several machines, one of the most representative being the "Hippopotamus" submarine. [one]. He contributed with his studies in nautical physics and mechanics to the Armed Forces of Colombia and Peru [2]. Despite all his knowledge and inventions, he did not have the backing and help of the government. [3] Rodríguez was a potential for ideas that were embodied in all the inventions he created, but because he had few resources, he could not crystallize all that baggage of ideas, since he only received praise. [3].

He created several machines such as the one to weave toquilla straw hats, the articulated artificial leg, the special machine for printing presses [1]. He traveled to other South American countries contributing with more inventions, making them available to the marines, for this reason he is considered the inventor of the first Latin American submarine.

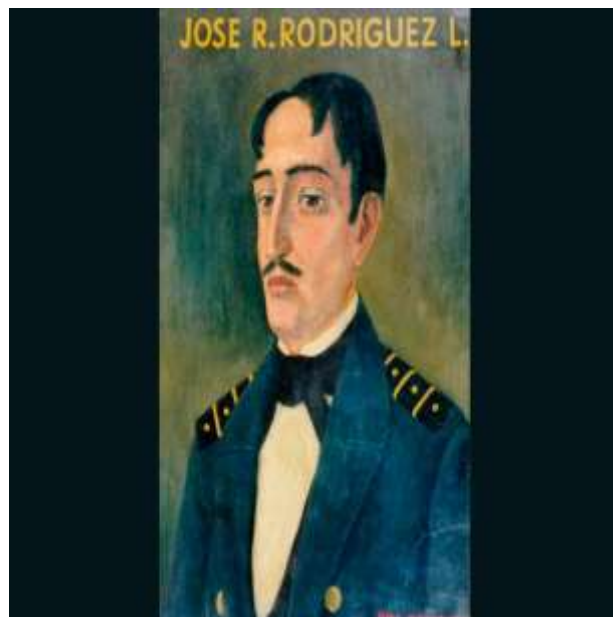


Figura 1. José Rodríguez Labandera

Fuente: <https://www.encyclopediadelecuador.com/personajes-historicos/jose-rodriguez-labandera/>

Key Word: Scientific, naval, navy, mathematics, physics.

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 10 de enero de 2020

Fecha de aceptación: 30 de enero de 2020

Su vida

Nació en Guayaquil (Ecuador) en 1805 [6]. Provenía de una familia de escasos recursos, pese a ello, a temprana edad se inscribió en la escuela naval de Guayaquil conjuntamente con otros célebres compañeros. Realizó estudios de matemáticas, física náutica y mecánica [6]. En el año de 1824 egresó de sus estudios náuticos y de inmediato se enlistó en la corbeta "limeña", colaborando con la armada peruana durante el bloqueo del Callao [7]. Seis años más tarde fue ascendido a Teniente de la Fragata y logró posicionar sus invenciones, por lo que fue reconocido. Un año después construyó una máquina especial para fundición de imprenta, algo similar a un linotipo con horno para confeccionar tipos [8].

En 1838 retornó a Guayaquil, continuando con sus inventos, mismos que financiaba con su propio pecunio, al no recibir el apoyo de su gobierno [7]. El 18 de septiembre de 1838 sorprendió a la multitud en el malecón con su creación del "Hipopótamo", el primer submarino de fabricación latinoamericana. Este invento fue comercializado en Perú, Chile, Colombia y México. Lamentablemente el almirante José Rodríguez Labandera no pudo llevar a cabo todos sus ingeniosos proyectos por las limitaciones económicas y por la falta de apoyo gubernamental [8].

Sus aportes

Las aportaciones de Rodríguez Labandera puede resumirse:

- Aportó con la creación de la máquina para tejer Sombreros de Paja Toquilla ("Panamá Hat") [2]. Dicha invención permitió reducir el tiempo de confección de un sombrero de paja toquilla el cual tomaba varios meses en fabricarse.
- Construcción de la máquina especial para la fundición de imprenta, la cual contribuyó a la imprenta ecuatoriana, logrando de esta manera ser nombrado Administrador de la Imprenta Municipal [1][2][3].
- Creación de la pierna artificial articulada, la cual consistía en una especie de pierna robótica, contribuyendo a la medicina ecuatoriana, la cual fue inspirada por el héroe de la independencia ecuatoriana, José María Vallejo Mendoza, quien había quedado invalidado por un proyectil en uno de los choques bélicos producto de la revolución marquista [1][2].
- Sin lugar a dudas su mayor aporte fue la construcción del primer submarino latinoamericano, denominado "Hipopótamo", el cual fue luego replicado en otros países y mejorado por Rodríguez con otras versiones como el "Hipopótamo II"[1].

Además, Rodríguez contribuyó a la modernización de los astilleros del Ecuador, y logró construir el primer barco ecuatoriano con casco de metal [10].



Figura 2. Primer Submarino Latinoamericano

Fuente: <https://www.elsnorkel.com/2021/09/El-Hipopotamo-El-primer-submarino-latinoamericano-Ecuador.html>

El final de su vida

Lamentablemente José Raymundo Rodríguez Labandera, falleció en su ciudad natal el 17 de noviembre de 1869, a la edad de 63 años; siendo sepultado en la Catedral guayaquileña. Posteriormente fue trasladado en 1888 a la Cripta de Personajes Ilustres de la Basílica del Sagrado Corazón, en Quito[9]. Su aporte a la ciencia y en particular a la fuerza naval fue muy importante. Supo armonizar su carrera naval con la permanencia en el taller de inventor, de donde salían juguetes mecánicos y máquinas para utilizarse en labores de imprenta, textilera y otras faenas artesanales [10]. Como homenaje en su memoria varios centros educativos del Ecuador llevan su nombre.

Referencias

- [1] José Rodríguez Labandera, Wikipedia, 2023 ultima revisión, [Accessed: 29- Ene-2023]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Rodr%C3%ADguez_Labandera
- [2] Wikipedia, "José Rodríguez Labandera. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Reinaldo_Espinosa_Aguilar[Accessed: 28-Ene-2023].
- [3] Una América diferente " José Rodríguez Labandera. [Online]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Reinaldo_Espinosa_Aguilar[Accessed: 29-Ene 2023].
- [4] A. Efrén, "Labandera José Rodríguez." Enciclopedia del Ecuador Quito, Ecuador, 2009.
- [5] R. Pérez., (2023) " José Rodríguez Labandera". Archivo Biográfico Recuperado el 29/01/2023 de <https://rodolfoperezpimentel.com/rodriguez-labandera-jose/> https://es.wikipedia.org/wiki/Reinaldo_Espinosa_Aguilar[Accessed:29-Ene 2023].
- [6] J. Martillo, "José Rodríguez Labandera. El Submarino el Hipopótamo El Universo Edición digital." 2010.
- [7] Rodríguez, S.(2014) Estudio de tres novelas de literatura proyectiva: Gua yaquil, novela fantástica de Manuel Gallegos Naranjo, Río de sombras de Jorge Velasco Mackenzie y El libro flotante de Caytran Dölpfin de Leonardo Valencia Recuperada de: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3884/1/T1392-MEC-Rodriguez-Sumergir.pdf>
- [8] Grupo EcuRed s.f. José Rodríguez Labandera. Recuperado el 29 de Ene, 2023. Available:https://www.ecured.cu/Jos%C3%A9_Rodr%C3%ADguez_Labandera http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia_romana/greece/paganism/
- [9] Freejournal, "Rodríguez Labandera José.", Biografías y Obras, 2020. [Online]. Available:<https://amp.www.es.freejournal.org/1273915/1/rodriguez-labandera-jose.html>. [Accessed: 29-Ene-2023].
- [10] Comunidad Submarinista Latinoamericana s.f. José Rodríguez Labandera. Recuperado el 29 de Ene, 2023. Available: <https://www.elsnorkel.com/2021/09/El-Hipopotamo-El-primer-submarino-latinoamericano-Ecuador.html>

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 itálicas 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 (font 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).

Revista de I+D TECNOLÓGICO

I+D Tecnológico

ISSN: 1680-8894
E-ISSN: 2219-6714

PRISMA Tecnológico

Prisma Tecnológico

ISSN: 2076-8133
E-ISSN: 2312-637X

RIC REVISTA DE INICIACIÓN CIENTÍFICA

Revista de Iniciación Científica

ISSN: 2412-0464
E-ISSN: 2413-6786

RETOS XXI

Revista RETOS XXI

ISSN: 2524-1125
E-ISSN: 2524-1133

El Tecnológico

El Tecnológico

ISSN: 1819-9623
E-ISSN: 1819-9623

maga

Cultural Maga

ISSN: 1018-1563
E-ISSN: 1018-1563

2016

Memorias de Congresos UTP

CONGRESOS CLABES

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 Orillac, 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