

# PRISMA Tecnológico

P-ISSN 2076-8133 | E-ISSN L 2312-637X | Volumen 11, N.º 1 | 2020 | Edición anual

**Fábrica de plantas con iluminación artificial para el cultivo y preservación sostenible de hierbas medicinales.**

**Entrevista con el Dr. José A. Sanahuja-Perales.  
Director de la Fundación Carolina de España.**

**Entrevista con el Dr. Matthew Larsen.  
Director del Instituto Smithsonian de Panamá.**

**Mejoras en la protección de distancia aplicado a fallas con  
contenido sub-armónicas en líneas de transmisión**

Indexada en:



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

### Revista PRISMA Tecnológico

El Departamento de Editorial Universitaria de la Universidad Tecnológica de Panamá, Jefa: Libia Batista. Avenida Universidad Tecnológica de Panamá, Vía Puente Centenario, Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso, Edificio Orillac, Primer alto, Panamá, República de Panamá. Teléfonos: (507) 560-3703, 560-3441. Télefax: (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. Td: (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](http://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@indicasat.org.pa

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

**Dr. Ronald Barazarte, Ph.D.**  
Electric Power Engineers, Inc.  
rbarazarte@epeconsulting.com

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

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

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

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

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

**Dr. Francisco Calvo-Poyo**  
Universidad de Granada, (España)  
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 Myzitis**  
Riga Technical University, (Latvia)  
marek@dzti.edu.lv

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

**Diseño e Impresión**  
Departamento de Comunicación Gráfica



## Editorial



En esta edición presentamos una variedad de artículos multidisciplinarios, como ha sido la tradición de esta revista.

A nuestros lectores, esta revista tiene por vocación la comunicación pública de la ciencia, es decir, la divulgación científica. Con esta misión perseguimos hacer asequible el conocimiento científico a la sociedad en general, más allá del mundo científico académico. Vivimos en un mundo cambiante, y estos cambios son cada vez más veloces, como sociedad conviene que estemos todos atentos a la dinámica de estos sucesos, porque el mundo ha dejado de ser local para convertirse en global. Por estas razones, la tarea de hacer asequible el conocimiento científico a la sociedad en general, no es fácil y requiere de nuestros mejores esfuerzos.

El acceso al conocimiento científico y comunicación efectiva, contribuye a que los ciudadanos se apropien de este y tomen mejores decisiones en su diario vivir, tengan más conciencia de su entorno, para así poder mirar hacia el futuro con sentido crítico, optimismo e innovación.

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

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

# PRISMA Tecnológico

P-ISSN 2076-8133 |  
E-ISSN L 2312-637X |  
Volumen 11, N.º 1 | 2020  
| Edición anual

## Contenido

### IMPACTO

Fábrica de plantas con iluminación artificial para el cultivo y preservación sostenible de hierbas medicinales.....1-10

### ENTREVISTA

Entrevista con el Dr. José A. Sanahuja Perales. Director de la Fundación Carolina de España.....11-14

Entrevista con el Dr. Dr. Matthew Larsen. Director del Instituto Smithsonian de Panamá.....15-16

### ACTUALIDAD TECNOLÓGICA

Tecnologías para la detección de ocupación en edificios.....17-22

### TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Impacto del recurso humano al implantar un sistema de gestión de inocuidad alimentaria en pequeñas y medianas empresas en Panamá.....23-30

### TECNOLOGÍA A FONDO

Mejoras en la protección de distancia aplicado a fallas con contenido sub-armónicas en líneas de transmisión. 31-36

# PRISMA Tecnológico

## Contenido

P-ISSN 2076-8133 |  
E-ISSN L 2312-637X |  
Volumen 11, N.º 1 | 2020  
| Edición anual

### TECNO HISTORIA

Hypatia de Alejandría: científica, matemática y  
astrónoma.....37-39

Dr. Carlos Juan Finlay: médico y científico cubano.....40-41

### ENTRETENIMIENTO

Entretenimiento.....42-42

### GUÍA PARA AUTORES

Guía para autores.....43-46



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](http://www.latindex.unam.mx)

# Fábrica de plantas con iluminación artificial para el cultivo y preservación sostenible de hierbas medicinales

Carlos Wilfredo Contreras-Avilés<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales  
carlos.contreras5@utp.ac.pa, [carloswilfredo08@gmail.com](mailto:carloswilfredo08@gmail.com)  
DOI 10.33412/pri.v11.1.2522



**Resumen:** *La medicina tradicional es el resultado de la acumulación de conocimiento milenario y tradicional en la aplicación de plantas para la elaboración de remedios caseros. En Panamá la medicina tradicional requiere el apoyo de tecnologías que permitan producir la materia prima de manera segura, controlada y eficiente. El sistema PFAL es un tipo de agricultura en ambiente controlado que permite el cultivo de plantas para el estudio, protección y producción en masa, bajo condiciones ambientales optimizadas. Este tipo de tecnología da pie para procesos sostenibles de producción de alimentos y hierbas medicinales, representando una solución factible para los problemas ambientales que afectan a la agricultura convencional. El presente trabajo detalla las potenciales utilidades que tiene la tecnología PFAL para el estudio, preservación y aprovechamiento de la flora panameña, evidenciadas en desarrollos tecnológicos realizados en otros países del primer mundo.*

**Palabras claves:** plantas/hierbas medicinales, medicina tradicional, PFAL, fitoquímicos/metabolitos secundarios, agricultura en ambiente controlado.

**Title:** Plant factory with artificial lighting for the cultivation and preservation of medicinal herbs, controlled environment agriculture

**Abstract:** Folk medicine is the result of the accumulation of millennial and traditional knowledge of the application of plants for the preparation of home remedies. In Panama, folk medicine requires technological support for the production of the raw material in a safe, controlled and efficient manner. The PFAL system is a type of closed environment agriculture that allows the cultivation of plants for the study, protection and mass production, under optimized environmental conditions. This type of technology gives rise to sustainable systems for food and medicinal herbs production, representing a feasible solution for the environmental problems affecting conventional agriculture. The present work details PFAL's potential utilities for the study, preservation and

exploitation of Panamanian flora, evidenced upon technological developments from other first-world countries.

**Keywords:** medicinal plants/herbs, traditional medicine, PFAL, phytochemicals/secondary metabolites, controlled environment agriculture.

Tipo de artículo: Original

Fecha de recepción: 27 de octubre de 2019.

Fecha de aceptación: 21 de enero de 2020.

## 1. Introducción

La utilización de plantas y sus diversos componentes para el tratamiento de enfermedades ha sido parte de prácticas ancestrales que han evolucionado desde la medicina tradicional, herbología o fitoterapia hasta la farmacognosia moderna de los tiempos actuales.

Estudios arqueológicos registran que el uso de plantas como fuentes medicinales existió aproximadamente 60,000 años en Iraq [1], posteriormente, hace 8,000 años se da inicio a la medicina tradicional china con el primer compendio de hierbas medicinales de Shen-nong Bencao Jing [2], [3]. De manera continua, hace 5,000 años, la civilización sumeria compiló estudios descriptivos de las propiedades curativas de plantas como la alcaravea, comino, laurel y tomillo [4]. Finalmente, entre los años 50 y 70 d.C. Pedanius Dioscorides, considerado el padre de la farmacología, confecciona el manuscrito 'De Materia Medica', el cual es un compendio de 600 plantas y más de 1000 formulaciones medicinales, convirtiéndose en la base fundamental de lo que hoy conocemos como farmacopea [5].

La utilización de plantas medicinales ha sido atractiva históricamente por los presuntos beneficios derivados de dichas fuentes naturales, sin embargo, su uso puede representar algunos factores de riesgo a los que hay que prestar mucha atención, estos son: modo de acción, reacciones adversas, toxicidad y efectividad relativa a la dosis aplicada, entre otros. La necesidad de conocer y entender estos factores ha desencadenado gran interés entre científicos cuyas investigaciones están enfocadas en desarrollar metodologías novedosas aplicadas a la caracterización del fenómeno de dosis-respuesta de varios fitoquímicos y sus efectos biológicos [6].

Dichos descubrimientos y estudios han validado científicamente las propiedades de múltiples productos naturales. Esta información ha creado un fenómeno en donde el consumidor es consciente de las diversas aplicaciones de suplementos herbarios (hierbas frescas, material, preparaciones y formulaciones botánicas), a tal punto que se estima que el 80% de la población mundial utiliza este tipo de productos como parte de la prevención y cuidado de la salud [7], creando una industria cuyo crecimiento de mercado se proyecta alrededor de los 86.74 mil millones de dólares para el 2022 [8].

El crecimiento a pasos agigantados va acompañado de una alta demanda de materia prima, lo cual representa retos y limitaciones tanto para el consumidor como para la industria. El cultivo de plantas silvestres como materia prima implica una

desventaja por la falta de consistencia, calidad, seguridad y eficacia del producto final, principalmente debido a causas como: adulteración, contaminación con especies similares, pesticidas y patógenos, variabilidad genética, y condiciones ambientales [9]. Adicionalmente, los métodos convencionales de cultivo (campo abierto, cama de cultivo elevada e invernaderos) son estacionales y dependen de las condiciones climáticas, limitando la propagación y producción de las plantas a periodos específicos del año.

En Panamá, este mercado representa un nicho que puede ser potencialmente aprovechado, por las siguientes razones:

- De acuerdo a datos del Instituto de Comercio Exterior, la comercialización de plantas medicinales representa no más del 0.02% de las exportaciones del país [10].

- Se ha descrito que la biodiversidad de la flora panameña supera las 10,000 especies, contemplando más de 600 especies de helechos, 1000 y 1500 variedades de orquídeas y árboles, respectivamente [11].

- Estudios realizados por profesionales del CIFLORPAN (Centro de Investigaciones Farmacognósticas de la Flora Panameña) han descrito 86 especies de plantas medicinales incluyendo sus usos etnomédicos, modo de empleo, química, actividad biológica y farmacológica, y estudios clínicos [12]. Además, otros estudios realizados por profesionales de CIPNABIOT (Centro de Investigación de Productos Naturales y Biotecnología) de la Universidad Autónoma de Chiriquí, describen más de 100 ejemplares medicinales de la Provincia de Chiriquí, detallando su composición química, usos y preparaciones [13].

- Existen organizaciones gubernamentales como el IDIAP (Instituto de Desarrollo e Investigación Agropecuaria de Panamá), MiAMBIENTE (Ministerio de Ambiente), MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario) y MINSA-OPS (Ministerio de Salud-Organización Panamericana de la Salud) que en conjunto con asociaciones como ASASTRAN (Asociación de Agentes de Salud Tradicional Natural Ngäbe) y los distintos congresos o consejos tradicionales indígenas, trabajan en la interculturalidad de la salud (Ley 17 del 2016) con el objetivo de regular, proteger y preservar las costumbres y el conocimiento de la medicina tradicional indígena, haciendo el vínculo con la medicina académica, y asegurando un aprovechamiento sostenible de los recursos naturales sin crear impacto ambiental [14].

A pesar de que el panorama se proyecta hacia potenciales oportunidades de desarrollo científico y económico, el país enfrenta una realidad en donde la producción de flora medicinal se ve afectada por las condiciones climáticas adversas, plagas y el impacto ambiental causado por el hombre. El objetivo de este artículo es presentar las ventajas de la aplicación de PFAL para el cultivo, preservación y propagación de plantas medicinales en un medio totalmente aislado del ambiente externo, bajo un marco de procesos sostenibles, controlados y eficientes, con tiempos de producción continuos y control de calidad del producto final. Esta tecnología permitirá poder contar con el material vegetal necesario para los estudios de caracterización y validación científica, mitigar la desaparición de aquellos especímenes en

peligro de extinción, y la creación de diferentes productos a base de extractos vegetales.

## 2. Sistema de fábrica de plantas con iluminación artificial 'PFAL'

PFAL (por sus siglas en inglés: Plant Factory with Artificial Lighting) es un tipo de agricultura en ambiente controlado que fue desarrollado e implementado en Japón durante los años 80, y 20 años después se convirtió en un sistema de producción comercial de frutas, vegetales, plantas medicinales y organismos genéticamente modificados.

La figura 1 muestra los 6 componentes esenciales del sistema PFAL, estos son: 1) estructura térmicamente aislada con material insulado, 2) acondicionadores de aire, 3) sistema de soporte multinivel vertical (4-16 niveles) para camas de cultivos, acoplados a dispositivos de iluminación artificial (lámparas fluorescente o LED), 4) unidad de suministro de dióxido de carbono, 5) unidad de suministro de solución nutritiva, y 6) unidad de control de ambiente.

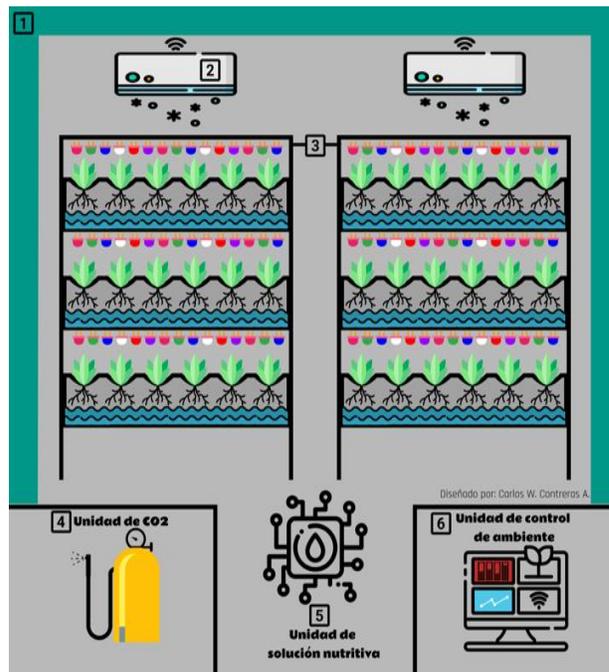


Figura 1. Componentes esenciales de un sistema PFAL.

Esta tecnología consiste en un sistema cerrado de producción de plantas en múltiples capas verticales, el cual requiere un área de cultivo aislada del medio externo, cuyas condiciones (temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono, solución rica en nutrientes e iluminación) son monitoreadas y controladas, con el objetivo de asegurar buenos rendimientos de producción, alta calidad de productos, eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, y la mínima emisión de contaminantes [15].

La estructuración en multicapas verticales permite maximizar el uso del espacio físico, permitiendo cultivar plantas con crecimiento no mayor a 30 cm de alto como lo son las hortalizas, trasplantes, y plantas medicinales. En términos de dimensiones existen distintos tipos de PFAL, estas son: micro-PFAL 0.03 m<sup>3</sup> (0.2 x 0.5 x 0.3 m) – 1 m<sup>3</sup> (1.0 x 0.5 2 m), mini-PFAL 2 m<sup>3</sup> (2 x 0.5 x 2 m) – 30 m<sup>3</sup> (2 x 5 x 3 m), small-PFAL 15-100 m<sup>3</sup> y los PFAL con dimensiones de hasta 2000 m<sup>2</sup> de superficie de cultivo. Dicho espacio es completamente independiente del uso de suelo, ya que a través de la hidroponía se puede controlar de manera óptima el ambiente de la zona radical, asegurando la mejor captación de nutrientes necesarios para promover el rápido crecimiento y desarrollo de la planta, mientras se hace uso eficiente y sostenible del agua, al ser recirculada. También al no utilizar el suelo se evita la erosión y se contribuye a la restauración natural del sustrato para otros cultivos que lo requieran. El aislamiento de la cámara de cultivo con el medio externo asegura el completo control y monitoreo de las condiciones ambientales internas, y la prevención de contaminación química y biológica. Reduciendo el riesgo de contaminación se elimina la presencia de trazas de alérgenos y toxinas, los tratamientos de limpieza post-cosecha, y se extiende la vida útil del producto vegetal. Adicionalmente, la aplicación de luces LED contribuye en la reducción de los costos asociados a los gastos por electricidad y sistemas de enfriamiento, particularmente porque este tipo de luces convierten más eficientemente la energía eléctrica en lumínica y producen menos calor en comparación a otras fuentes de luz. El sistema de luces LED también permite manipular la distribución espectral de la luz emitida, estímulo artificial crítico para la activación de la fotosíntesis, control de expresión de genes, fotomorfogénesis y síntesis de fitoquímicos funcionales en el tejido vegetal [16].

A pesar de que PFAL no es un reemplazo para técnicas convencionales para la producción de plantas como lo son la agricultura en cielo abierto o invernaderos están sujetas a las condiciones climáticas, dependiendo de factores como la luz solar incidente, temperatura, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono y composición del suelo, las cuales varían dependiendo de la temporada del año y localización geográfica afectando el tiempo de crecimiento y desarrollo de los cultivos. Por otro lado, al ser sistemas abiertos estos se encuentran expuestos a insectos y enfermedades las cuales deberán ser mitigadas con pesticidas y otros agentes químicos que pueden afectar la integridad del producto final. Estas características en particular hacen que los sistemas de producción agrícola convencionales sean altamente riesgosos y poco controlados. Adicionalmente requieren cuantías no despreciables de recursos (suelo, agua, electricidad, combustible) y tiempo para poder funcionar, lo que se traduce en altos costos de producción, baja sostenibilidad y profusa emisión de contaminantes ambientales. Todo esto se resume en la habilidad del sistema para el control y estabilización natural o artificial, con el objetivo de mantener la sostenibilidad social, ambiental y económica al momento de producir plantas. En la tabla 1 confeccionada por Kozai *et. al.*, se muestra una comparación de distintos sistemas de producción de plantas en términos de control y estabilidad [15].

Tabla 1. Comparación de 4 tipos de sistemas de producción de plantas de acuerdo a su estabilidad y control

| Estabilidad y Control                           | Cielo abierto | Invernaderos |                    | PFAL                |
|---|---------------|--------------|--------------------|---------------------|
|   |               | Suelo        | Hidropónico        |                     |
| Estabilidad De la zona aérea                    | Muy baja      | Baja         | Baja               | Baja                |
| Control artificial de la zona aérea             | Muy baja      | Mediana      | Mediana            | Muy alta            |
| Estabilidad natural de la zona radical          | Alta          | Alta         | Baja               | Baja                |
| Control artificial de la zona radical           | Baja          | Baja         | Alta               | Alta                |
| Vulnerabilidad del rendimiento y calidad        | Alta          | Mediana      | Relativamente baja | Baja                |
| Inversión inicial por unidad de área de terreno | Baja          | Mediana      | Relativamente alta | Extremadamente alta |
| Rendimiento                                     | Baja          | Mediana      | Relativamente alta | Extremadamente alta |

Los sistemas de producción en cielo abierto (agricultura convencional y de precisión) son particularmente ventajosos ya que se puede aumentar la estabilidad de la zona radical con la aplicación de fertilizantes, sin embargo, la zona aérea es difícilmente controlable (artificial o naturalmente) debido a que esta se encuentra dependiente de las condiciones climáticas. Este factor de influencia climática limita los sistemas que permitan la evaluación y optimización de los cultivos, como sucede en agricultura de precisión, ya que se enfoca en la variabilidad inter- e intracultivo para la predicción exacta de rendimientos y la estimación de los recursos necesarios para la producción.

De manera intermediaria se encuentra la producción de plantas con sistemas de invernaderos que permiten mantener medianamente el control y estabilidad dependiendo si se emplea suelo o agua como medio para el desarrollo de la zona radical de la planta. Al utilizar suelo como sustrato, se presenta la desventaja de contaminación con metales pesados, agroquímicos y otras sustancias tóxicas. Como alternativa existe el cultivo hidropónico, que no sólo soluciona el problema de los contaminantes sino también reduce la sobreacumulación de nutrientes en el suelo lo que reduce el rendimiento del cultivo y la integridad del sustrato. Es necesario mencionar que los sistemas de invernaderos pueden depender de fuentes de calentamiento en localizaciones geográficas en donde las temperaturas son más bajas de 20 grados Celsius, convirtiéndose en un factor que representa altos costos de producción.

En cambio, los sistemas como PFAL se destacan por la capacidad para controlar artificialmente el ambiente que rodea la zona aérea y radical de la planta. Además, con PFAL se puede optimizar la estabilidad y control de ambas zonas implementando sistemas de control inteligentes que aseguren el mejor consumo

de recursos y la menor producción de contaminantes ambientales.

Es cierto que la implementación del sistema PFAL tiene un alto costo de inversión inicial, sin embargo, esto es compensado con los altos rendimientos de producción. Tal es el caso en la producción de lechuga en Japón, en donde a través de PFAL se pueden producir 3000 cabezas de lechuga/m<sup>2</sup>/año en comparación al rendimiento obtenido en cielo abierto (32 cabezas de lechuga/m<sup>2</sup>/año) o invernadero (200 cabezas de lechuga/m<sup>2</sup>/año). Este alto rendimiento, sostenido en el tiempo, permite que la inversión inicial sea recuperada en el menor tiempo posible [15].

## 2.1 Estado del Arte

La tecnología de agricultura en ambiente controlado se ha ido desarrollando mundialmente de manera exponencial, en donde países como Japón, Corea, Taiwán, China, Estados Unidos y Holanda han identificado la necesidad de invertir en investigación y desarrollo para el apoyo integral en el establecimiento de plataformas de producción de plantas que funcionen como alternativas de negocio. Un aspecto importante de mención es que para la ejecución de este tipo de tecnología dichos países han creado conglomerados estratégicos que incluyen entidades gubernamentales, institutos de investigación, empresas privadas y universidades [17].

### Japón

En Japón existen más de 200 fábricas de plantas con luz artificial con fines comerciales, y su mercado está alrededor de los 100 millones de dólares. El 75% de las PFAL son operadas por empresas privadas y el resto por organizaciones de agricultura. Adicionalmente, se ha reportado que el 35% de estas plataformas de producción de plantas reciben subsidios y/o préstamos gubernamentales, otorgados por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria (MITI), Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (MAFF), y la Organización Nacional de Investigación en Agricultura y Alimentos (NARO). Estos fondos están destinados al apoyo de la investigación, demostración, entrenamiento, extensión y publicidad en temáticas de PFAL.

Empresas como Spread Co., Ltd., y Mirai Co., Ltd., lideran el mercado con infraestructuras capaces de producir 23,000 y 10,000 cabezas de lechuga por día respectivamente. Las empresas Mirai Co., Ltd. y Japan Dome House se han consolidado mediante la asociación con la Universidad de Chiba, para la producción de trasplantes de camote, plántulas de tomate, y plantas medicinales (*Hypericum perforatum L.* y *Glycyrrhiza uralensis*).

Además de la Universidad de Chiba, existen otras universidades que se encuentran realizando investigación y desarrollo en PFAL, entre estas podemos mencionar a las universidades de Tamagawa, Yamaguchi, y Kioto [17].

### Corea

Se estima que en 5 años el mercado doméstico de PFAL ha alcanzado un valor de 577 millones de dólares por año, lo cual ha sido posible gracias las iniciativas gubernamentales que

promueven el desarrollo de tecnologías de PFAL en conjunto con interfaces automatizadas de tecnología de la información. Contextualizando, el gobierno de Corea ha creado el “Plan de promoción para la convergencia de la industria agroalimentaria y las tecnologías de la información y la comunicación”. Esta iniciativa de acción ha permitido la creación de sistemas de granjas inteligentes, los cuales son implementados para mejorar el monitoreo y control de los procesos de producción y ambiente de cultivo a través de tecnologías que puedan ser operadas desde teléfonos inteligentes.

Gran parte del desarrollo industrial y tecnológico de las fábricas de plantas en Corea se ha propiciado bajo el marco de proyectos como: Desarrollo de componentes principales para fábricas de plantas basadas en IT-LED y Construcción de ecosistemas de negocios basado en fábrica de plantas, ambos financiados por el Ministerio de Conocimiento de la Economía (MKE) y el Proyecto de apoyo y demostración para la promoción de negocios con fábricas de plantas, financiado por el Ministerio de Agricultura, Alimentos y Relaciones Rurales. Ambas iniciativas fueron promovidas para la producción de vegetales que puedan ser utilizados por compañías de producción de ramen, cadenas de restaurantes, franquicias de comida rápida y empresas de procesamiento y distribución de vegetales.

También, parte del gran impulso hacia el desarrollo de tecnologías autosostenibles y amigables con el ambiente fue posible gracias a la “Campaña de Crecimiento Verde bajo en Carbono”, lo cual fue un componente clave para que el uso de luces LED con tecnología de la información fuera rápidamente adoptado en este tipo de producción hortícola.

A nivel nacional Corea cuenta con 10 estaciones de investigación en PFAL con diversas capacidades que van desde los 55 m<sup>2</sup> a los 413 m<sup>2</sup>. En cuanto al sector privado, existen 30 compañías con plataformas de producción pequeñas y medianas, cuyas dimensiones se encuentran entre 9 m<sup>2</sup> y 661 m<sup>2</sup>, las cuales no sólo se dedican a la investigación, sino también a la demostración y producción en beneficio del sector regional donde se encuentren establecidas [17].

### Taiwán

Alrededor de 45 organizaciones se dedican a la producción de hortalizas a través de la tecnología de PFAL. En total se han reportado 56 PFAL operadas por 2 centro de investigación, 4 universidades y 39 compañías privadas. El apoyo gubernamental para esta plataforma de producción de plantas está principalmente enfocada a las universidades y centros de investigación, con el objetivo de equilibrar el mercado que ha sido agresivamente poblado por las compañías privadas.

Entre las PFAL existentes destacan las de pequeña escala, las cuales producen menos de 100 plantas por día, mientras que las de grande escala pueden producir más 10,000 plantas por día. En Taiwán se ha registrado la fábrica de plantas con mayor capacidad a nivel mundial, la cual puede alcanzar las 60,000 plantas por día.

El éxito del desarrollo tecnológico ha sido potenciado por el apoyo de organizaciones sin fines de lucro, las cuales han jugado un rol esencial para la promoción y exposición de los

componentes claves para la creación y ejecución de estas fábricas de plantas (hardware, sistemas de control de nutrientes, control de luces LED en varias longitudes de onda). Entre las organizaciones podemos mencionar Asociación de la Industria Fotónica y el Desarrollo de Tecnología (PIDA), Asociación Taiwanesa para el Desarrollo Industrial de Fábricas de Plantas (TPFIDA) y la Asociación Chung-hwa de Fábrica de Plantas (CPFA) [17].

### China

Las tecnologías de cultivos hidropónicos en conjunto con los sistemas de control tuvieron un crecimiento acelerado gracias al apoyo exclusivo del Ministerio de Ciencia y Tecnología de China, logrando en 13 años el nivel tecnológico actual. Aproximadamente 35 fábricas de plantas se encuentran formalmente establecidas en parques e institutos de investigación y en funcionamiento para investigación y demostraciones, en más de 9 provincias de la región.

En el ámbito investigativo, en las instalaciones de la Academia China de Ciencias Agrícolas (CAAS), el Instituto de Ambiente y Desarrollo Agrícola Sostenible (IESDA) administra 10 fábricas de plantas con iluminación artificial, en conjunto con la empresa Protected Horticulture Co., Ltd., enfocándose en el estudio y desarrollo de tecnologías LED de ahorro energético, manejo de la solución nutritiva y control de la calidad del vegetal. Otra compañía que contribuye en esta línea de investigación es Beijing Kinpeng International Hi-Tech Corporation, la cual opera bajo la estructura organizacional del Instituto de Maquinaria Agrícola de Beijin. Adicionalmente, la Universidad Zhejiang en colaboración con la estación Agrícola de Changxing operan una fábrica de plantas de 1600 m<sup>2</sup> enfocada a realizar estudios en Ingeniería y Ciencia del Control, Ingeniería de la Luz, Ciencias y Tecnologías Computacionales, Ingeniería Agrícola, Ingeniería Biológica, Horticultura y Nutrición de la Planta, con la finalidad de mejorar cada uno de los componentes de las fábricas de plantas [17].

### Estados Unidos

La modalidad de cultivos hidropónicos utilizando la técnica de flujo profundo (DFT) data desde los años 80. Dekalb fue una de las primeras compañías en producir lechuga en la zona occidente de Chicago. En paralelo, a través del Programa de Sistema Ecológico Controlado de Soporte Vital (CELSS) creado por la NASA, se da inicio al desarrollo de cultivos hidropónicos con iluminación artificial (PFAL), en donde múltiples grupos de investigación en todo el país comienzan a generar conocimiento en materia de los requerimientos de la calidad de luz necesaria para la producción de plantas en ambientes controlados. A raíz de este proyecto el cultivo de plantas se diversificó a lo que ahora conocemos como granjas moleculares, o también denominado fármacos hechos en plantas, para la producción de antígenos, anticuerpos y otras moléculas con actividad biológica aplicadas a la creación de productos farmacéuticos y suplementos.

Adicionalmente el desarrollo de tecnologías PFAL fue impulsado por la gran relevancia y aplicación de la misma en zonas inhóspitas o no habitadas por el hombre. Tal es el caso de

la Estación Estadounidense del Polo Sur, la cual consta de 22 m<sup>2</sup>, diseñada para la producción de 30 tipos de plantas que sirven de fuente de sustento alimenticio para la tripulación durante los 365 días al año. En la misma línea, el apoyo gubernamental canalizado a través de la NASA busca poder implementar este tipo de producción de alimentos en el espacio y otros planetas a los que el hombre potencialmente pudiera habitar, enfocándose en el desarrollo de sistemas de soporte vital utilizando la modalidad hidropónica con luces LED.

Si bien es cierto, las colaboraciones con el sector privado resultan beneficiosas para el desarrollo de estas tecnologías, tal como lo es en las regiones de Asia, la alta competitividad de capital de riesgo en los Estados Unidos limita sustancialmente el impulso que este sector puede aportar. Por otro lado, y en consecuencia al mercado competitivo de más de 25 compañías bien establecidas, la investigación académica es sumamente importante como entidad proveedora de entrenamiento, espacios de intercambio de conocimiento, y la educación de los operadores y planificadores. Entre las universidades líderes en investigación y desarrollo apoyando el sector de agricultura en ambiente controlado podemos mencionar Cornell University, Ohio State University, University of Arizona y otras emergentes en el tema como University of Nebraska, University of Delaware y North Caroline State University [17].

### Holanda

El 20% de la producción global en invernaderos está situada en Europa, representado en aproximadamente 160,000 ha. Esto ha sido posible gracias al uso de sistemas computacionales integrados que permiten optimizar las condiciones de cultivo, lo cual impacta positivamente la productividad y calidad.

En Holanda el grupo de soluciones LED de Philips se ha encargado de desarrollar tecnologías que mejoren y optimicen los parámetros de calidad e intensidad de la luz y fotoperiodo en fábricas de plantas con luz artificial, haciendo mucho más factible este tipo de plataformas para fines de negocios.

El mayor centro de investigación del país es PlantLab, el cual cuenta con 61,000 m<sup>2</sup> para estudios especializados y de producción en agricultura en ambiente controlado exclusivamente con luz artificial. El centro se organiza en unidades de producción de plantas que permiten realizar estudios de optimización de la producción de cultivos de diversas plantas (flores, frutas y hortalizas) y la creación de tecnologías que puedan ser patentadas.

Este centro de investigación se ha posicionado a nivel mundial producto de asociaciones estratégicas con otras compañías como Syngenta y UrbanFarmers. Estableciendo sistemas de cultivo en unidades de producción basadas en tecnologías predictivas con modelos matemáticos que permiten el control y optimización de las condiciones de crecimiento, eliminando cualquier variable que pueda intervenir con el crecimiento y productividad vegetal.

Al igual que en los Estados Unidos, PFAL es utilizada para la producción de ingredientes funcionales que puedan ser aplicados para la formulación de alimentos, medicamentos, sabores, fragancias y cosméticos.

Entre las universidades que destacan en investigación y desarrollo de tecnologías de agricultura en ambiente controlado con iluminación artificial, Wageningen University and Research y HAS University of Applied Sciences [17].

## 2.2 PFAL para el cultivo de plantas medicinales

De acuerdo a Zobayed *et al.*, la aplicación del sistema PFAL para el cultivo de hierbas destinadas al desarrollo de medicina basada en plantas resulta imperativo, ya que es necesario eliminar y prevenir las diversas afecciones a la salud que estén arraigadas a los problemas de seguridad y eficacia del producto vegetal. Por otro lado, también es necesario maximizar la producción de biomasa vegetal, y fitoquímicos con propiedades beneficiosas de manera consistente, sostenible y controlada [18].

El sistema de producción de plantas PFAL presenta múltiples ventajas que permiten dar solución a las limitaciones que conllevan los métodos convencionales de cultivo, estas son [18]:

- ✔ Puede ser construido en cualquier lugar, especialmente en espacios urbanos priorizando la proximidad con el consumidor, lo que significa que existe una reducción en el uso de energía en el transporte.

- ✔ El medio de cultivo no se ve afectado por las condiciones ambientales, estacionales, geográficas, y limitaciones políticas.

- ✔ La producción puede ser sostenida durante todo el año y con una productividad superior al cultivo en suelo.

- ✔ Reduce la explotación del suelo arable y los recursos utilizados en agricultura.

- ✔ Mediante la manipulación y optimización del ambiente de crecimiento (especialmente la iluminación) se puede maximizar el desarrollo de la planta, los niveles de fitoquímicos con propiedades beneficiosas, y reducir significativamente el periodo de producción.

- ✔ Se pueden realizar estudios universales de caracterización bioquímica de los fitoquímicos con actividad biológica de las plantas en cuestión.

- ✔ El producto final está libre de plagas, microorganismos patógenos, plaguicidas, metales pesados y cualquier otro contaminante, por lo que no son necesarios procedimientos intensivos de lavado y desinfección.

- ✔ Uso optimizado, controlado y eficiente de los recursos (temperatura del aire, humedad relativa, concentración de dióxido de carbono, solución rica en nutrientes, entre otros), lo cual reduce la producción de contaminantes ambientales.

## 2.3 PFAL para la preservación de plantas medicinales

Se estima que en Panamá el 70% de la población utiliza plantas medicinales para la elaboración de remedios caseros. Sin embargo, es importante destacar que factores antropogénicos como el cambio climático, la deforestación, contaminación de las fuentes de agua, sobreexplotación y extractivismo de especies, introducción de especies exóticas y erosión genética están afectando la supervivencia de especies medicinales como el paico (*Chenopodium ambrosioides*), crocus de otoño (*Colchicum autumnale - L.*), árbol de tejo (*Taxus*

*baccata*), planta magnolia (*Magnolia panamensis*), yerbabuena (*Mentha spicata*), entre otras [20].

El sistema PFAL permite preservar las especies que están en peligro de extinción, así como también producir en masa aquellas de gran interés científico, ambiental y comercial, tal como se puede observar en la figura 2.

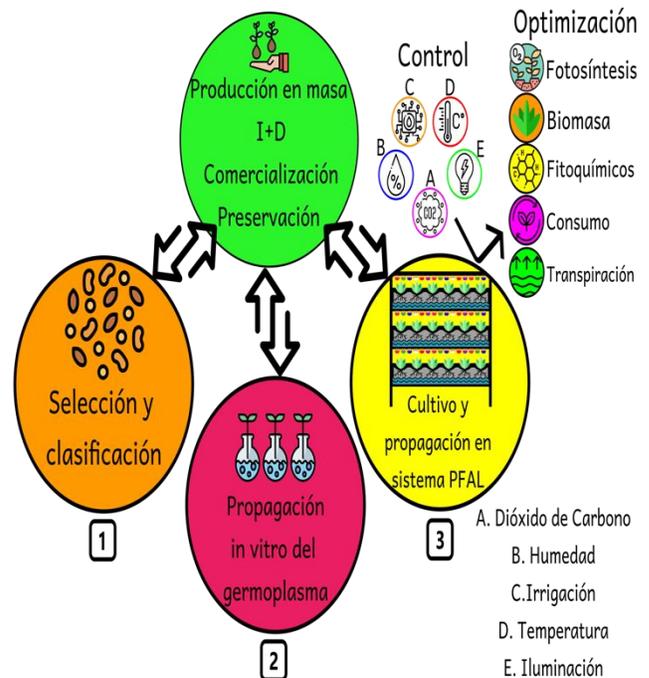


Figura 2. Proceso para el cultivo, propagación y preservación de plantas medicinales en un sistema PFAL [18].

Mediante procedimientos de selección de germoplasma (semillas, esquejes, tubérculos, entre otros) se pueden obtener plantas con las mejores características fisiológicas y bioquímicas, ya que se realiza un proceso de clasificación en donde se identifican aquellos especímenes con valores óptimos en producción de biomasa y metabolitos secundarios. Posteriormente, el germoplasma seleccionado debe ser propagado *in vitro* generando las plántulas que serán cultivadas y propagadas en un ambiente controlado cuyas condiciones ambientales y nutricionales estén optimizadas mejorando y promoviendo el crecimiento celular y la producción de fitoquímicos simultáneamente [18].

Entre las condiciones que directamente promueven la producción de biomasa están la temperatura e irrigación de nutrientes, mientras que la iluminación, temperatura y concentración de dióxido de carbono indirectamente promueven la producción de biomasa a través del mejoramiento de la fotosíntesis neta. La producción de metabolitos secundarios está directamente intensificada por factores como la iluminación, temperatura, concentración de dióxido de carbono, humedad relativa, irrigación de nutrientes, y estreses ambiental, nutricional y biótico. Otros factores que influyen en la síntesis de fitoquímicos

son la transpiración y consumo de nutrientes, los cuales están determinados por la irrigación de nutrientes y humedad relativa en el ambiente de cultivo [18].

## 2.4 PFAL como plataforma de producción sostenible

De acuerdo a Smith *et al.*, el 30% de la contribución antropogénica de gases de invernadero proviene de la agricultura, y una de las soluciones propuestas para contrarrestar esta realidad consiste en incrementar la presencia de plantas, mediante granjas en las áreas urbanas, para así reducir la acumulación de gases y temperatura [21]. Esta alternativa de agricultura urbana podría reducir aproximadamente 34 toneladas/hectárea de gases de invernadero normalmente generados en la agricultura convencional (rural) para la producción de alimentos [22].

La agricultura urbana y peri-urbana están definidas como un sistema cuya finalidad es alimentar a la población en espacios urbanos, a través del crecimiento, procesamiento, y distribución de alimentos y productos varios. Algunos ejemplos de este tipo de agricultura son granjas urbanas, jardines personales, comerciales y comunitarios, mercados públicos, y agricultura apoyada por la comunidad [22].

Dentro de la categoría de agricultura urbana existen dos clasificaciones: agricultura en ambiente controlado y agricultura en ambiente no controlado o espacios abiertos. PFAL forma parte del grupo de granjas verticales, uno de los tipos de agricultura en ambiente controlado junto a Z-farming y cultivo en invernaderos.

Este tipo de tecnologías busca poder cumplir un rol de componente para la sostenibilidad global, aportando en la producción de alimentos y reduciendo el uso de los recursos (principalmente agua y energía) necesarios para su producción.

En términos de uso efectivo de agua, el sistema PFAL con la modalidad de cultivos hidropónicos permite la re-circulación de la solución nutritiva, es decir el agua utilizada es reciclada de manera óptima necesitando menos del 75% de agua requerida en las granjas de espacios abiertos [23]. Por otro lado, se ha demostrado que los edificios con áticos verdes incorporados en un sistema de agricultura en ambiente controlado, regulan la temperatura de los edificios, lo que significa un ahorro en el gasto energético [24].

El sistema PFAL es una plataforma que puede aportar en la creación de rutas de producción que estén alineadas con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 1, 2 y 12) contribuyendo en la erradicación del hambre y la pobreza, y procesos de producción y consumo responsables, a través del mejoramiento de la seguridad alimenticia, creando espacios de empleos para emprendedores e implementando prácticas de manejo de desechos y reciclaje de recursos [25]. Todo esto será posible en la medida que se adopten y reconozcan las contribuciones derivadas de la ciencia, complementariamente a un sistema de normas, guías y legislaciones que beneficien la inversión en investigación y desarrollo, mejorando conocimiento técnico y el establecimiento de tecnologías como PFAL para la resolución de problemáticas mundiales.

## 3. Conclusiones y Recomendaciones

El sector agroindustrial de plantas medicinales representa un nicho en Panamá que aún no ha sido desarrollado de manera integral.

Es importante reconocer el valor etno-cultural de la medicina tradicional proveniente de nuestros grupos indígenas, sin embargo, es imperativo recalcar que dichos conocimientos ancestrales deben ser validados científicamente en pro del desarrollo económico y social.

La realización de estudios, creación de productos comerciales a base de plantas medicinales y protección de especies en peligro de extinción depende de tecnologías como el sistema PFAL, ya que permite el cultivo de especies vegetales en condiciones controladas y optimizadas. Este sistema asegura la producción de plantas durante todo el año, libres de contaminantes y plagas, con altos rendimientos de producción de biomasa y fitoquímicos, uso eficiente y sostenible de los recursos, y con la mínima emisión de contaminantes ambientales.

Esta tecnología puede contribuir a la creación de sistemas sostenibles de producción, pero depende intrínsecamente del aporte de la investigación y desarrollo, así como también de la creación y manejo de políticas nacionales que se alineen con los objetivos de desarrollo sostenible y que beneficien la aplicación de PFAL en áreas de la agroindustria que así lo requieran. También es importante recalcar la importancia de las alianzas estratégicas y creación de conglomerados en donde institutos de investigación, empresas privadas, universidades y entidades gubernamentales trabajen en sinergia para impulsar este sector en Panamá.

## Agradecimientos

El autor agradece a la Dra. Gabrielle Britton y la Dra. Ivonne Torres-Atencio, por los valiosos comentarios y revisión del presente artículo.

## Referencias

- [1] A. Leroi Gourhan, "The flowers found with Shanidar IV, a Neanderthal burial in Iraq," *Science*, vol. 190, no. 4214, pp. 562–564, 1975
- [2] Pan. SY. (2013) Neolithic site of the cross-lake bridge (Chinese). [Online]. Disponible en: <http://baike.baidu.com/view/1464263.htm>
- [3] The Shen-nong site of Traditional Chinese Medicine. (2002) [Online]. Disponible en: <http://shen-nong.com/eng/history/chronology.html>
- [4] A. Falodun, "Herbal medicine in Africa-distribution, standardization and prospects," *Research Journal of Phytochemistry*, vol. 4, no.3, pp. 154–161, 2010
- [5] Laguna. A. (2017) The World Digital Library. [Online]. Disponible en: <https://www.wdl.org/en/item/10632/>
- [6] Maiko Inoue, S. H. and L. E. C., "Culture, History and Applications of Medicinal and Aromatic Plants in Japan". <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5772/46845>
- [7] E. Martins, "The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety." *Frontiers in pharmacology*, vol. 4, no. 177, pp. 1-11, 2014. <http://doi:10.3389/fphar.2013.00177>
- [8] Market and Markets website. (2015) [Online]. Disponible en: <https://www.marketsandmarkets.com/>
- [9] Z. Sma, "Medicinal Components. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production", Academic Press Ed., San Diego USA: Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00014-7>

- [10] G. Robles, K. Oliveira & R. Villalobos. (2000) FAO site: Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central-Plantas medicinales en Panamá. [Online]. Disponible en: [http://www.fao.org/3/ae159s/AE159S15.htm#P3759\\_169102](http://www.fao.org/3/ae159s/AE159S15.htm#P3759_169102)
- [11] S. Palk & D. Morariu. (2010) "CNN site: Global Connection". [Online]. Disponible en: <http://edition.cnn.com/2010/WORLD/americas/09/17/tropical.panama/index.html>
- [12] M. Gupta, A. Santana & A. Espinosa. (2011). OAS site: Proyectos FEMCIDI-Plantas Medicinales de Panamá. [Online]. Disponible en: <http://www.oas.org/es/sedi/femcidi/pubs/Libro%20de%20Plantas%20%Medicinales%20de%20Panama.pdf>
- [13] L. Patiño. Plantas medicinales cultivadas en Chiriquí: composición química, usos y preparación, Imprenta Universitaria UNIACHI, David, Chiriquí, República de Panamá: SIDIC UNACHI, 2017.
- [14] OPS Panamá website. (2016). [Online]. Disponible en: <https://www.paho.org/pan/>
- [15] T. Kozai, & G. Niu, "Role of the Plant Factory with Artificial Lighting (PFAL) in urban areas. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production", Academic Press Ed., San Diego, USA: Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00002-0>
- [16] T. Kozai, & G. Niu, "Plant Factory as a Resource-Efficient Closed Plant Production System. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production", Academic Press Ed., San Diego, USA: Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00004-4>
- [17] T. Kozai *et al.*, "PFAL Business and R&D in the World: Current Status and Perspectives. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Production System", Academic Press Ed., San Diego, USA: Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00003-2>
- [18] S. Zobayed, F. Afreen, & T. Kozai, "Necessity and Production of Medical Plants under Controlled Environments", Environmental Control Biology, vol. 43, no. 4, pp. 243-252, 2005. <https://doi.org/10.2525/ecb.43.243>
- [19] T. Kozai, & G. Niu, "Introduction. Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production", Academic Press Ed., San Diego, USA: Elsevier, 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801775-3.00001-9>
- [20] Panamá América Site: Plantas Medicinales en Peligro de Extinción. (Online). Disponible en: <https://www.panamaamerica.com.pa/mundo/plantas-medicinales-en-peligro-de-extincion-408294> (2017).
- [21] P. Smith, & P. Gregory, "Climate change and sustainable food production", Proceedings of the Nutrition Society, vol. 72, pp. 21-28, 2012. <https://doi.org/10.1017/S0029665112002832>
- [22] M. Kulak, A. Graves, & J. Chatterton, "Reducing greenhouse gas emission with urban agriculture: A life Cycle Assessment perspective", Landscape and Urban Planning, vol. 111, pp. 68-78, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.11.007>
- [23] C. Rosenzweig, S. Gaffun, & L. Parshall. 9 "Green Roofs in the New York Metropolitan Region", Research Report. Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute of Space Studies. Pp. 15-25, 2006.
- [24] L. Y. Astee, & N. T. Kishnani, "Building Integrated Agriculture: Utilizing Rooftops for Sustainable Food Crop Cultivation in Singapore", Journal of Green building, vol. 5, pp 105-113, 2010.
- [25] M. Golstein. (2011). Urban agriculture: a sixteen city survey of urban agriculture practices across the country. Disponible en: [https://www.jhsph.edu/research/centers-and-institutes/johns-hopkins-center-for-a-livablefuture/\\_pdf/projects/FPN/Urban\\_Community\\_Planning/URBAN\\_AGRICULTURE\\_A\\_SIXTEENCITY\\_SURVEY\\_OF\\_URBAN\\_AGRICULTURE\\_PRACTICES\\_ACROSS\\_THE\\_COUNTRY.pdf](https://www.jhsph.edu/research/centers-and-institutes/johns-hopkins-center-for-a-livablefuture/_pdf/projects/FPN/Urban_Community_Planning/URBAN_AGRICULTURE_A_SIXTEENCITY_SURVEY_OF_URBAN_AGRICULTURE_PRACTICES_ACROSS_THE_COUNTRY.pdf)

# Dr. José Antonio Sanahuja Perales.

## Director Fundación Carolina de España

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Vicerrectoría Académica.  
 aranzazu.berbey@utp.ac.pa  
 DOI 10.33412/pri.v11.1.2542



Doctor en Ciencias Políticas por la Universidad Complutense y M.A. en Relaciones Internacionales por la Universidad para la Paz de Naciones Unidas. Catedrático de Universidad de Relaciones Internacionales. Ha trabajado para la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) y la Federación Internacional de Cruz Roja, y ha sido investigador o consultor de la Comisión y el Parlamento Europeo, el PNUD, SEGIB, la Fundación Carolina, la Fundación EU-LAC, y distintas ONG. En dos periodos distintos ha sido Vocal Experto del Consejo de Cooperación al Desarrollo. Miembro del Comité científico de honor de la Coordinadora Regional de Investigaciones Económicas y Sociales (CRIES), y del Patronato de Oxfam Intermón. El profesor Sanahuja es catedrático de relaciones internacionales y especialista en cooperación al desarrollo, campo en el que cuenta con un buen número de publicaciones y estudios de referencia. Además, se ha especializado en las relaciones entre la Unión Europea y América Latina, desde una visión europeísta, y ha publicado distintos trabajos sobre la política exterior y de cooperación española. Como latinoamericanista, ha estudiado también la política exterior, el regionalismo y la integración latinoamericana, realizando estudios críticos sobre el "regionalismo abierto", y ha planteado la necesidad de un "nuevo regionalismo" y un "regionalismo post-liberal" con instituciones más fuertes. Ha trabajado como investigador y consultor con la Secretaría de Estado de Cooperación Internacional, la Cruz Roja Española, el Parlamento Europeo, la Comisión Europea, el Centro de Estudios de América Latina y la Cooperación Internacional (CEALCI) de la Fundación Carolina, la Fundación EU-LAC (Unión Europea-América Latina y el Caribe), la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB), la Coordinadora Regional de Investigaciones Económicas y Sociales (CRIES), y otras entidades. Ha impartido cursos y conferencias en distintas universidades españolas y de otros países, entre ellos el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM); Pontificia Universidad Católica del Perú;



Figura 2. Dr. José A. Sanahuja-Perales.

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9\\_Antonio\\_Sanahuja](https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Antonio_Sanahuja)

Universidad Nacional Tres de Febrero (UNTREF), y Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), en Argentina; la Universidad Centroamericana (Nicaragua); la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Universidad para la Paz de Naciones Unidas y Universidad Nacional (Costa Rica), o el Instituto Universitario Europeo (EUI) en Florencia (Italia). En España, ha sido profesor en numerosas universidades, así como en el Centro de Estudios Políticos y Constitucionales (CEPC), la Fundación Ortega y Gasset; la Escuela Diplomática (Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación); el Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (CESEDEN); y el Instituto General Gutiérrez Mellado (Madrid). Ha sido investigador visitante en la Universidad de Queensland (Australia) y Robert Schuman Fellow en el Instituto Universitario Europeo en Florencia.

**De cara a estos inicios del siglo XXI, ¿cuáles según su criterio serían las temáticas más importantes para la cooperación y desarrollo en el ámbito científico-tecnológico de España con América Latina?**

Los especialistas y científicos en cada área son quienes han de establecer, en primer lugar, qué cuestiones deben ser objeto de investigación en cada área - ¿quién si no, puede hacerlo

mejor? Desde luego, no los políticos-, pero quienes trabajamos en el campo científico y tecnológico tenemos que ser conscientes de nuestra responsabilidad social y, de igual manera, los poderes públicos tienen que adoptar políticas de apoyo e incentivos que reflejen prioridades y retos que afectan al conjunto de la sociedad, ya que esta es la que aporta, vía impuestos, una parte significativa de los recursos para investigación, desarrollo e innovación. A partir de estas consideraciones generales hay que tener presente otros imperativos: de cuántos recursos se dispone; qué centros o líneas de investigación están consolidados y/o tienen potencial; cómo se participa en proyectos internacionales; cómo se brinda apoyo de manera equilibrada a las ciencias básicas, a las humanidades y las ciencias sociales, y a la innovación tecnológica, con un enfoque más aplicado ... No es fácil, pero una política bien concebida debe conciliar todos estos criterios. En tiempos recientes hemos visto, desafortunadamente, malos ejemplos: políticas miopes que con planteamientos economicistas y/o tecnocráticos solo consideran “útiles” las disciplinas STEM, despreciando las humanidades; gobiernos que, instalados en la estrategias de polarización, atacan a las ciencias sociales y no aceptan que la crítica sea parte de la actividad académica; o ejemplos de pugnas corporativas que se amparan en la libertad científica para defender “feudos” institucionales y burocráticos, o parte del pastel presupuestario.

Mario Bunge, recientemente fallecido, nos recuerda al respecto que “la investigación básica es autónoma; es decir, se rige por sus propios criterios, mientras que la investigación aplicada y el “desarrollo” (diseño tecnológico) son heterónomas: se hacen para beneficio, inmediato o posible, de quien las paga. Ahora bien, la mayoría de las innovaciones tecnológicas tienen raíces científicas”, y que, por ello, “el utilitarismo que pregonan los economistas neoclásicos y los estadistas miopes es el peor peligro que enfrenta la tecnología, que languidece sin el apoyo de las ciencias básicas”. Dicho todo esto, hay varias cuestiones que merecen tener un papel destacado en la planificación de la política científica y en la cooperación entre España y América Latina. En términos de retos sociales, tenemos un consenso universal respecto a la Agenda 2030 y sus 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El desarrollo científico básico, así como las humanidades, son un “elemento transversal” de dicha agenda, en particular en lo que se refiere a la investigación básica. Pero los ODS nos proporcionan una guía muy clara respecto a los retos tecnológicos que tenemos que abordar: la inclusión social; la salud y la educación de calidad; el cuidado de los ecosistemas, la transición energética y la lucha contra el cambio climático; la resiliencia social, y la mejora de las instituciones y las políticas públicas. Estas áreas deberían guiar nuestra cooperación y debieran estar presentes en las políticas de ciencia y tecnología, dependiendo de la forma en la que se presenten en cada lugar, y de sus capacidades relativas.

## **Sus publicaciones en Google Scholar, evidencian un trabajo de investigación denso y profundo en el ámbito del sistema internacional de la cooperación para el desarrollo y sus tendencias, sus actores e instrumentos. En sus experiencias de cara a la Unión Europea, ¿cuáles serán los ejes prioritarios de cooperación con América Latina, es América Latina para la Unión Europea un área de primer interés para la cooperación o otros bloques económicos como Asia, África, Oceanía tiene mayor prioridad?**

La propia UE ha dado respuesta a esta pregunta a través de su Estrategia Global y de Seguridad (EUGS), adoptada en junio de 2016. Este importante documento situó a América Latina y el Caribe en una posición periférica y poco relevante, al priorizar el “arco de inestabilidad” de la vecindad meridional y oriental de la UE (Mediterráneo, Balcanes, este de Europa). La EUGS planteó la relación con Latinoamérica en términos, primero, del apoyo a “órdenes regionales” para la gobernanza global; y segundo, como estrategia para un *Wider Atlantic*. Sin embargo, la elección de *Trump*, no prevista, situó a Estados Unidos como obstáculo más que como socio en las relaciones de la UE con Latinoamérica y ha hecho imposible un “triángulo Atlántico” de cooperación con esos tres actores. Esa situación, sin embargo, ha tenido consecuencias positivas, al realzar el papel político de la UE como socio de América Latina en defensa del multilateralismo.

En abril de 2019 la UE renovó su estrategia hacia Latinoamérica a través de una comunicación conjunta de la Alta Representante y el Servicio Europeo de Acción Exterior y la Comisión Europea. Esa comunicación, refrendada por el Consejo, se denomina “La Unión Europea, América Latina y el Caribe: aunar fuerzas para un futuro común”. Es el primer documento de política de la UE con Latinoamérica desde 2009 y plantea cambios importantes, y muy pertinentes, para la relación.

En primer lugar, supone una relación más horizontal: “aunar fuerzas” para abordar desafíos compartidos como la defensa del multilateralismo, o el desarrollo global, entendido —como lo hace la Agenda 2030— como reto universal y no solo como “patología” de los países pobres. No se trata, como en el pasado, de una UE que ayuda a ALC a resolver sus problemas, sino de dos regiones que trabajan juntas frente a interdependencias, riesgos y retos compartidos. Repolitización de las relaciones, con un “compromiso político más estratégico”.

En un escenario en el que los principios que sostienen el orden internacional liberal ya no pueden darse por sentados, y aparecen actores que los impugnan dentro y fuera de ambas regiones, se plantea una clara repolitización del conjunto de la relación y en particular, del diálogo político birregional. Ello supondrá adoptar posturas, “más fuertes” en torno a los valores e intereses compartidos.

Elo reclama por parte de la UE una mayor inversión de capital político para ser relevante y aumentar su presencia e influencia en la región. Establece nuevas prioridades (cuatro): prosperidad, democracia, resiliencia y gobernanza mundial efectiva, acordes a la EUGS. Elo abarca una agenda de cooperación avanzada para facilitar el comercio, la economía verde y digital y aumentar la conectividad de todo tipo. También considera el impulso a los derechos humanos, el apoyo a la sociedad civil y la defensa del Estado de derecho. En términos de resiliencia, se busca la implementación conjunta del Acuerdo de París y mantener el diálogo sobre cohesión social, migraciones y cultura. En cuanto a la gobernanza, se busca que tanto la UE como ALC apuesten conjuntamente por una gobernanza global efectiva, basada en la resolución pacífica de disputas, la implementación de la Agenda 2030 y la reforma del sistema de Naciones Unidas y la OMC.

También se propone una relación de “geometría variable” con vías más flexibles y abiertas de colaboración respecto a la tradicional dinámica de las Cumbres birregionales UE-CELAC y su lógica de “mínimo común denominador”, que exigía el acuerdo de todos. Asimismo, evita el enfoque de “talla única” reconociendo la diversidad de ALC. Supone avanzar más con los países y grupos que quieran y puedan intensificar su compromiso. En otros términos, supondría combinar el interregionalismo con un bilateralismo selectivo y no excluyente, utilizando marcos establecidos, u otros informales, como el Grupo de contacto Internacional (GCI) establecido para afrontar la crisis de Venezuela. A ello ha de sumarse los espacios de diálogo y vinculación de organizaciones ciudadanas y de parlamentarios.

Finalmente, se propone una estrategia de cooperación avanzada, conforme al nuevo Consenso Europeo de Desarrollo, con enfoques “a medida” para cada país, basados en sus necesidades y capacidades, buscando “asociaciones innovadoras” que contemplen la cooperación Sur-Sur y triangular, el diálogo de políticas públicas, el intercambio de conocimientos, y la movilización de recursos adicionales a través de la financiación combinada o *blending*.

En ese marco, el nuevo Instrumento para la Vecindad, el Desarrollo y la Cooperación Internacional (IVDCI), aún en discusión, abre oportunidades para establecer formas avanzadas de asociación con ALC. Deja atrás, en parte, la “graduación” y estará abierto a todos los países de la región, aunque no en todas las modalidades. En particular, prevé montos importantes para la financiación combinada o *blending* y el apoyo a la inversión, que refuerzan la capacidad de la UE frente a actores como China. Es importante que el nuevo instrumento tenga un claro anclaje y orientación hacia la Agenda 2030. El ciclo de programación empieza ya; es el momento de incluir iniciativas innovadoras y programas relevantes para las prioridades de desarrollo de la región.

Ciencia y Tecnología, en particular, son áreas que han ido ganando espacio en la cooperación birregional y en ese nuevo enfoque deberán tener un peso aún mayor.

Panamá tiene definido en su plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación (*pencyt*) 2019 – 2024: “hacia la

transformación de panamá”, una serie de programas sectoriales tales como:

- Sector agropecuario
- Sector energía, agua y medio ambiente
- Salud
- Industria: Cuarta Revolución Industrial, Logística y sector marítimo, industria manufacturera e industria de las tecnologías de información y comunicación
- Ciencia, Sociedad, Economía y Políticas Públicas

### **¿En su experiencia, considera usted que podría existir un interés conjunto, alineación entre estos programas sectoriales definidos y los programas, instrumentos de cooperación científica tecnológica de la UE y específicamente España?**

Como país de renta media, Panamá puede participar de esas estrategias de cooperación avanzada con la UE y sus Estados miembros, y en particular, España. Muchas de las áreas prioritarias del PENCYT convergen con las establecidas por el gran programa de investigación de la UE, Horizonte 2020. Este último se centra en “tecnologías facilitadoras” clave en la industria, como la fabricación avanzada, los nuevos materiales, la biotecnología o la nanotecnología; en los llamados “retos sociales” (siete), que son la salud, el cambio demográfico y el bienestar; la seguridad alimentaria, la agricultura y silvicultura sostenible; la investigación marina, marítima y de aguas interiores, y la bioeconomía; la energía segura, limpia y eficiente; el transporte inteligente, ecológico e integrado; la acción por el clima, el medio ambiente, la eficiencia de los recursos y materias primas; la respuesta de Europa en un mundo cambiante: sociedades inclusivas, innovadoras y reflexivas; sociedades seguras: Proteger la libertad y la seguridad de Europa y sus ciudadanos.

De acuerdo con la estrategia de la Unión Europea de cooperación internacional en materia de investigación e innovación, Horizonte 2020 está abierto a la participación de investigadores de todo el mundo, en asociación con centros europeos. Las actividades específicas de cooperación internacional se enmarcan en la prioridad «Retos de la sociedad» y el objetivo específico «Liderazgo en las tecnologías industriales y de capacitación», entre otras acciones de Horizonte 2020.

Por parte de España, cuenta con el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2017-2020. Sus prioridades son coincidentes, en lo esencial, con las planteadas en el marco de la UE, a las que se añade el sector defensa. A través de las acciones “Innoglobal” y otras previstas en el Plan se prevén proyectos de investigación con centros de otros países, así como acciones de movilidad.

En el ámbito de la cooperación hay que destacar también la pertenencia de ambos países a la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), que además de ser un espacio de concertación y fortalecimiento de las políticas, nacionales ofrece apoyo para acciones de movilidad.

En ese último ámbito de actuación, la movilidad de personal docente e investigador, la Fundación Carolina, que tengo el honor de dirigir, ofrece también becas y ayudas que pueden reforzar programas de investigación entre ambos países o, en su caso, permitir los contactos de los que esos programas puedan surgir. Parte de estas acciones de movilidad se realizan en convenio y con el apoyo financiero de la Secretaría General Iberoamericana (SEGIB).

En los veinte años de vida de la Fundación desde su creación en 2000 se han concedido a solicitantes panameños/as 208 becas de postgrado, doctorado y movilidad, con una inversión total de 2,2 millones de euros. Contamos con convenios con varias universidades del país, entre ellas la Universidad Tecnológica de Panamá.

### **Puede compartirnos alguna experiencia suya en el ámbito de la cooperación internacional, que le haya resultado especialmente memorable en su CV.**

Probablemente la más importante fue mi trabajo con la cooperación española en Guatemala entre 1988 y 1989. Pude trabajar en áreas rurales, de población indígena, y ello fue una experiencia de aprendizaje que dio un giro a mi vida profesional: regresé a la universidad para seguir estudiando y entender esa compleja realidad; después hice mi tesis doctoral sobre las políticas de ayuda y las estrategias geopolíticas de EEUU en Centroamérica en los años ochenta, y a partir de ahí comenzó mi trayectoria como docente e investigador, hasta ahora. Estoy muy agradecido a ese país y sus gentes y a la cooperación española por todo lo que pude aprender en ese período.

## Interview with Dr. Matthew C. Larsen Director Smithsonian Tropical Research Institute, Republic of Panama

Dr. Aránzazu Berbey Álvarez 

Universidad Tecnológica de Panamá. Vicerrectoría Académica.  
aranzazu.berbey@utp.ac.pa  
DOI 10.33412/pri.v11.1.2524



Matthew C. Larsen is the Director of the Smithsonian Tropical Research Institute, headquartered in Panama City, Panama. The Institute furthers the understanding of tropical nature and its importance to human welfare, trains students to conduct research in the tropics, and promotes conservation by increasing public awareness of the beauty and importance of tropical ecosystems. In addition to its resident scientists, the Institute's facilities are used annually by some 1,300 visiting scientists, pre- and postdoctoral fellows and interns from academic and research institutions who come from a quarter of all nations on Earth. From 2010 to 2014, Dr. Larsen was the U.S. Geological Survey Associate Director for Climate and Land Use Change, where he led science programs focused on climate change, land use change, and a national ecological carbon sequestration assessment. Additionally, Dr. Larsen managed the Landsat satellite program and the National Climate Change and Wildlife Science Center. From 2005 to 2014, Dr. Larsen led U.S. Geological Survey Water Resources programs and served as Chair of the US National Committee for UNESCO International Hydrological Programme. Larsen's 90+ publications are in the fields of natural hazards, water resources, climate change, ecosystem services, and marine geology. Dr. Larsen earned a B.S. in Geology from Antioch College, Yellow Springs, Ohio, and a PhD in Geography at the University of Colorado in Boulder.

### Could the Kyoto protocol (1997) and the Paris agreement (2015), be instruments sufficient for the solution to climate change or it is necessary a more global effort?

The Kyoto protocol and Paris agreement are a good start to solving our global climate change challenge, but by themselves,



Figure 1. Dr. Mathew Larsen.

Fuente: <https://www.si.edu/about/bios/matthew-larsen>

they are insufficient to stop or significantly slow down the rise in carbon dioxide and other greenhouse gases in our atmosphere. This is partly because the international agreements are not aggressive enough, but also because not all nations have made the necessary commitments to reduce emissions. Worse yet, the United States, one of the top greenhouse gas producers in the world, withdrew from the Paris agreement. I hope that, as the community of nations works through the current Covid19 crisis, we learn some lessons about how we can join together to address the critical challenges facing life on earth.

### According to Google Scholar, you have an extensive list of scientific publications in topics like: global change, water availability, use energy, quality water. What effects is having the climate change on agriculture, on access to water, on the health of the environment and even on the way of life of the human being on planet earth?

The list of effects is a long one, so I will focus on a few examples related to rainfall and water supply. We in Panamá are all aware of how important rainfall is to the national economy. The Panamá canal is entirely dependent on the annual rainfall that fills our reservoirs, Alajuela and Gatun, each year. The canal requires approximately 200,000 cubic meters of water for each ship transit. With as many transits as 15,000 per year, the canal used about 3.2 cubic kilometers of water for locking ships through in 2018. This is a massive amount of freshwater! With increasing global warming, we seem to be seeing more intense

El Niño effects. A strong El Niño brings drought to Central America, including Panamá. This means that during drought years, the ACP must require that ships transit the canal with less cargo, which impacts ACP income and income for the Republic of Panamá. The increasing intensity of El Niño related droughts also has a major impact on agriculture in Panamá, which is highly dependent on rainfall because we don't have much irrigated land in Panamá. Cattle ranchers are particularly impacted by these strong droughts, losing many cattle because of the lack of water.

**Could you indicate to us some basic mitigation measures that we could perform as individuals to counteract climate change and thus achieve a more sustainable economy?**

Many of us think that our personal actions have little impact, but if taken as a whole, we truly can make a difference. One example is our use of bottled water. Each one liter bottle of water that we buy consumes about one third of a liter in petroleum products (to make and transport the bottled water). Ironically, tap water in most of Panamá is perfectly adequate to drink. It is the only water that I drink in Panamá, unless I am in a very remote area. Furthermore, public water supply producers generally have to meet a higher standard of water quality testing than water bottling companies. Aside from the waste of petroleum products, much of this plastic ends up in the ocean, where it is a contaminant and contributes to the degradation global fisheries. Another action we can take is to walk, bicycle, or use public transit as much as possible. Each gallon of gas we use in our car introduces 20 pounds of carbon dioxide into the atmosphere.

**Could you share some experience that has been especially memorable in your scientific career?**

Serving as the director of the Smithsonian Tropical Research Institute in Panamá has been a particularly gratifying experience for me. We have more than 400 staff on our team, and more than 90% of them are Panamanians. I appreciate their passion and great dedication to our mission, which is: "The increase and diffusion of knowledge of the past, present and future of tropical biodiversity and its relevance to human welfare." The people of the Republic of Panamá and the generosity of the government of Panama are integral to our success.

Our scientific researchers are a truly international group, with 14 nations represented in their group. During our 100+ years in Panamá we have produced more than 14,000 scientific publications, and in 2019, had our best year ever, with more than 500 science papers released, an average of one paper every 17 hours! This work is a mixture of basic research as well as highly applied work, such as research on conservation of a national symbol, the golden frog (*Rana Dorada*), which is extinct in the wild because of a global fungal disease. Fortunately, we have enough of these amphibians in our quarantine facility in Gamboa where we can breed them for future release back into the wild.



Figure 2. Golden frog.

Fuente:

[https://www.google.com/search?q=smithsonian+panama&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiRqeSO5dToAhUJY6wKHwocC8lQ\\_AUoAXoECA0QAw&biw=1536&bih=674#imgrc=IX1EmYiLoXRNGM](https://www.google.com/search?q=smithsonian+panama&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiRqeSO5dToAhUJY6wKHwocC8lQ_AUoAXoECA0QAw&biw=1536&bih=674#imgrc=IX1EmYiLoXRNGM)

Panamá is a wonderful place to work and I have enjoyed my time here, getting to know the rich and diverse culture that has developed here, at the crossroads of the world.



Figure 3. Logo of del Smithsonian Institute Panama.

Fuente: <https://www.facebook.com/SmithsonianPanama/>

# Tecnologías para la detección de ocupación en edificios

Dafni Mora<sup>1,3</sup> , Marilena De Simone<sup>2</sup> , Miguel Chen Austin<sup>1,3</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Mecánica, <sup>2</sup> Department of Environmental and Chemical Engineering, University of Calabria, Italia, <sup>3</sup> Grupo de Investigación en Energética y Confort en Edificaciones Bioclimáticas (ECEB), Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ingeniería Mecánica  
dafni.mora@utp.ac.pa, marilena.desimone@unical.it, miguel.chen@utp.ac.pa  
DOI 10.33412/pri.v11.1.2530



**Resumen:** Una importante parte del consumo de energía de los edificios está relacionado con el comportamiento de los ocupantes. Lo que significa que es necesario conocer con mayor precisión cómo se comporta y se mueve el usuario dentro de los ambientes, y este es uno de los retos que requiere conocer los tipos de tecnologías para la detección de la ocupación en edificios. En este artículo presentamos un resumen de las tecnologías utilizadas en la actualidad para el control de la ocupación en edificios, de manera de tener un marco de referencia y además poder indagar hacia donde se pueden dirigir las investigaciones futuras, tomando en cuenta el desarrollo actual.

**Palabras claves:** ocupación del edificio, monitoreo, rendimiento del edificio, sensores

**Title:** Technologies for occupancy monitoring in buildings

**Abstract:** An essential part of the energy consumption of buildings is related to the occupant's behavior. Which means that it is necessary to know more precisely how the user behaves and moves within the environments, and this is one of the challenges that require knowing the technology for occupancy monitoring in buildings. This article presents a summary of the technologies currently used for the control of building occupancy with the aim of investigating where potential future research can be directed, considering the current development.

**Keywords:** building occupancy, monitoring, building performance, sensors.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 15 de octubre de 2019

Fecha de aceptación: 22 de enero de 2020

## 1. Introducción

Una de las barreras más importantes cuando se busca mejorar la eficiencia energética de los edificios, es la falta de

conocimiento sobre los factores que determinan el uso final de la energía.

Actualmente, con la implementación de nuevas tecnologías orientadas al ahorro energético y a la certificación medioambiental de edificios, tales como la certificación LEED [1] y *Green Globes* [2], surge un nuevo enfoque, relacionado a como incide el comportamiento del ocupante en el uso de la energía [3].

A menudo, se reporta una discrepancia significativa entre las predicciones o estimaciones y el uso real de la energía total en los edificios. Las razones de esta diferencia son pocos conocidos y en gran parte tiene que ver más con la conducta humana que con el diseño del edificio, de acuerdo a expertos del Programa de Energía en Edificios y Comunidades de la Agencia Internacional de Energía (IEA-EBC), y resultados del proyecto internacional Anexo 66: Definición y simulación del Comportamiento de los Ocupantes en Edificios [4].

En cuanto a edificios de similares características constructivas y operativas (tamaño, número de ocupantes, electrodomésticos, orientación, ventanas, cortinas, etc.) se reporta una variación considerable en el consumo de energía entre ellos, que ha llevado a considerar, que más allá de las nuevas tecnologías de ahorro de energía y/o las aplicaciones de energías renovables que se utilicen, es necesario un enfoque relativo al comportamiento del ocupante en relación con el consumo de energía del edificio [5][6].

En el contexto de estas investigaciones, *el comportamiento del ocupante*, se puede definir, como el uso del espacio, sistemas y otros servicios dentro de la casa que pueden influir en el consumo de energía para la climatización del ambiente y producción de agua caliente [7]. Además, se puede precisar, como las acciones observables o reacciones de una persona en respuesta a estímulos externos o internos, o acciones o reacciones de una persona para adaptarse a las condiciones ambientales como la temperatura o la calidad del aire interior [8].

El consumo de energía relacionado con el comportamiento de los ocupantes en los edificios, por ejemplo el ajuste del termostato para la comodidad, el encender y apagar las luces, apertura y cierre de las ventanas, apertura y cierre de las persianas de las ventanas, y el movimiento entre los ambientes internos, es un tema clave para la optimización del diseño de los edificios, el diagnóstico de la energía, la evaluación del desempeño, y de la simulación energética, debido a su impacto significativo en el consumo de energía real y en la calidad del ambiente interior [4].

El uso de energía en edificios es altamente dependiente de las actividades de los residentes, el monitoreo de la ocupación y el modelado son importante para facilitar el uso eficiente de la energía y el manejo del confort. Uno de los principales retos en la determinación de las actividades de los ocupantes es la construcción de las redes de sensores de ocupación en los edificios. Según los autores [9], los factores involucrados en el consumo total de energía de los edificios se pueden clasificar en siete categorías:

- a. Condiciones climáticas (ej. temperatura exterior, radiación solar y velocidad del viento),

- b. Características relacionadas con el edificio (ej. Área y orientación),
- c. Características del usuario, excepto factores sociales y económicos,
- d. Sistemas y operación presentes en el edificio (suministro de agua caliente y ambientes climatizados),
- e. Comportamientos del ocupante y actividades,
- f. Factores sociales y económicos (ej. costo de energía y nivel educativo del ocupante),
- g. Calidad del aire interior requerida.

Un edificio inteligente es capaz de gestionar su ambiente interior a través de técnicas informáticas para optimizar la eficiencia energética, el bienestar de los ocupantes, la seguridad y la productividad. Su objetivo es conseguir tanto el ahorro energético, como la satisfacción del ocupante a través de servicios al usuario [10].

El objetivo de este artículo es describir las técnicas existentes para el control y monitoreo de la ocupación en los edificios, con el fin de tener un marco de referencia de los aspectos a considerar para la selección de alguna tecnología específica, dependiendo de la aplicación deseada. También, este estudio permitirá indagar hacia donde se pueden dirigir las investigaciones futuras, tomando en cuenta el desarrollo actual de las diferentes tecnologías.

## 2. Enfoques para el monitoreo de la ocupación

La detección de la ocupación es definida como la detección en tiempo real de la presencia en un ambiente, puede tener dos valores: ocupado y desocupado. Los autores en [11] dividen el nivel de detalle de la información de ocupación que podemos obtener en diferentes niveles o tipos de resolución como se presenta en la figura 1.

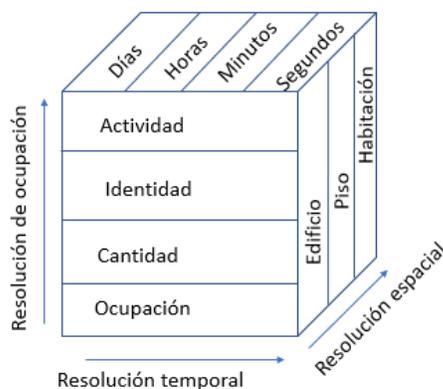


Figura 1. Niveles de resolución de ocupación [11].

Dependiendo del tipo de resolución requerido para cada aplicación, se deben seleccionar los sensores a utilizar. Otros aspectos que se deben tomar en cuenta son los costos (individuales de software y hardware, integración con los sistemas existentes y mantenimiento), tipos de fuentes de poder, almacenamiento de los datos, rango de monitoreo, precisión y

fallos. De igual manera los autores en [12] proponen un marco de categorización, que clasifica los sistemas de detección de ocupación en nueve categorías, como se muestra en la tabla 1.

Dicha tabla permite agrupar y asignar un parámetro de medición de carácter cuantitativo o cualitativo, dependiendo del detalle y especificaciones del estudio que se quiera realizar con respecto a la ocupación. Los parámetros fueron definidos en base a trabajos anteriores sobre el comportamiento de la ocupación, buscando palabras claves en artículos de revistas y conferencias.

Tabla 1. Categorización de los sistemas de detección de ocupación [12]

| nº | Categoría                               | Parámetro de medición   |
|----|---|---|
| 1  | Tipo de información de ocupación        | Presencia, actividad y comportamiento.  |
| 2  | Relación entre el sistema y el ocupante | Anónimo, individual o multitud.   |
| 3  | Estrategia de monitoreo                 | "augment objects", "augment persons", "augment the environment", reutilizar infraestructura o la interacción con el ocupante.   |
| 4  | Granularidad espacial:                  | Lugar, edificio, piso, espacio, objeto.   |
| 5  | Granularidad temporal:                  | Periódico, basado en un evento específico.  |
| 6  | Cobertura espacial                      | Sitio, edificio, espacio, objeto.   |
| 7  | Cobertura temporal                      | Pasado, presente, futuro.   |
| 8  | Modalidad del sensor                    | Datos ocupantes, fuerza, luz visible, luz infrarroja, sonido, ultrasonido, aire, radiación electromagnética, electricidad, agua, datos de sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación. |
| 9  | Métodos y Modelos                       | Reglas condicionales, modelos basados en agentes, estocásticos, machine learning, algoritmos de predicción, análisis de señales, heurísticos.   |

El problema de determinar la localización del usuario en un edificio (incluyendo información sobre cuando entra o sale de la habitación) es conocido como el problema de detección de la ocupación. Es importante conocer quien está en un espacio en un momento específico para poder determinar las operaciones de dispositivos relacionados con el uso de la energía para una mayor comodidad.

Dependiendo del tipo de sistema de medición de la ocupación utilizado, se puede definir cuál información relativa a la presencia de los ocupantes y su movimiento se puede obtener. La información de la ocupación se puede clasificar en tres categorías observables: Propiedades espacio-temporal, propiedades del comportamiento y propiedades fisiológicas (ver Fig. 2).

Las propiedades espacio-temporal proporcionan la información integral de la ocupación a nivel detallado. Estas propiedades son las que tienen relación directa con el consumo energético en los edificios.

Los métodos utilizados para la detección de la ocupación se pueden clasificar en tres categorías [13]:

**Método de detección directa**, se refiere al despliegue de sensores o redes de sensores para detectar directamente la presencia o el seguimiento de los ocupantes a través de los espacios.

**Método de modelado**, utiliza métodos de análisis de datos estadísticos en el modelado de la ocupación.

**Método combinado**, es una combinación de métodos de análisis avanzados, como los métodos estadísticos, con medidas físicas. Los autores en [14] propusieron otra clasificación de los sistemas de detección de la ocupación, de acuerdo a las propiedades espacio-temporal y al tipo de sensor utilizado. Está basada en tres aspectos:

**Método**, si necesita un terminal (ej. Celular, identificador de radio frecuencia (RFID) u otro) [16].

**Función**, en individualizado o no-individualizado, si logra o no reconocer el usuario presente. Están siendo utilizados en investigaciones de confort térmico personalizado [17].

**Infraestructura**, en implícito o explícito, si el propósito inicial es medir la ocupación o es su función secundaria. Los autores Melfi et. al [18], realizaron la medición de la ocupación del edificio mediante el uso de la infraestructura de red existente.

En la tabla 2, diferentes sensores fueron clasificados en base a los tres aspectos anteriores (método, función e infraestructura), mientras que en la tabla 3 estos sensores fueron clasificados dependiendo de cuál de las propiedades Espacio-temporal logra identificar. De esta manera, todos los tipos de sensores mostrados permiten la localización del ocupante y permite la identificación de presencia y ausencia en el sitio.

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de detección de ocupación [14].

|                        |                    | Sensores        |     |             |        |        |            |                   |                     |                    |
|------------------------|--------------------|-----------------|-----|-------------|--------|--------|------------|-------------------|---------------------|--------------------|
|                        |                    | CO <sub>2</sub> | PIR | Ultrasonido | Imagen | Sonido | Señales EM | Medidor corriente | Aplicaciones (App.) | Fusión de sensores |
| <b>Método</b>          | Terminal           |                 |     |             |        |        | x          |                   |                     | x                  |
|                        | Sin terminal       | x               | x   | x           | x      | x      |            | x                 | x                   | x                  |
| <b>Función</b>         | Individualizado    |                 |     |             |        |        |            |                   |                     | x                  |
|                        | No-Individualizado | x               | x   | x           | x      | x      | x          | x                 | x                   | x                  |
| <b>Infraestructura</b> | Implícito          |                 |     |             | x      |        | x          |                   | x                   | x                  |
|                        | Explícito          | x               | x   | x           | x      | x      | x          | x                 |                     | x                  |

Tabla 3. Clasificación de los sistemas de detección de ocupación en base a las propiedades espacio-temporales [14].

|                     |  | Sensores        |     |             |        |        |            |                   |              |                    |
|---------------------|--|-----------------|-----|-------------|--------|--------|------------|-------------------|--------------|--------------------|
|                     |  | CO <sub>2</sub> | PIR | Ultrasonido | Imagen | Sonido | Señales EM | Medidor corriente | Aplicaciones | Fusión de sensores |
| <b>Localización</b> |  | x               | x   | x           | x      | x      | x          | x                 | x            | x                  |
| <b>Presencia</b>    |  | x               | x   | x           | x      | x      | x          | x                 | x            | x                  |
| <b>Cantidad</b>     |  | x               |     |             | x      |        | x          |                   | x            | x                  |
| <b>Actividad</b>    |  | x               |     |             | x      |        | x          |                   | x            | x                  |
| <b>Identidad</b>    |  |                 |     |             | x      |        | x          |                   | x            | x                  |
| <b>Seguimiento</b>  |  |                 |     |             | x      |        | x          |                   |              | x                  |

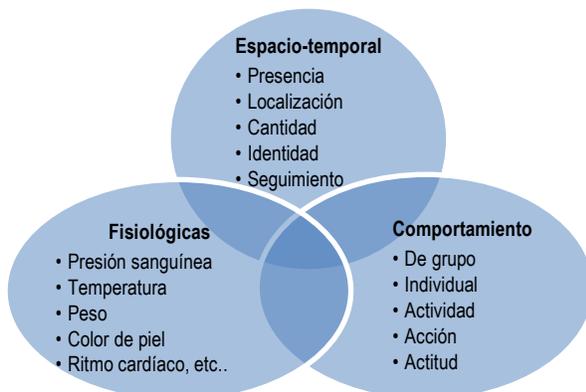


Figura 2. Propiedades espacio-temporal, fisiológicas y de comportamiento de medida de ocupación [15].

### 3. Tecnologías de detección de ocupación

Con la tendencia mundial orientada a edificios de bajo consumo energético [19] [20], los controles de ocupación están siendo utilizados para reducir el uso de la energía en los edificios, tales como para el control del aire acondicionado, ventilación e iluminación. Algunos dispositivos son controlados por sensores

de ocupación y realizan de forma independiente la toma de decisiones relacionadas al comportamiento de los ocupantes. Por ejemplo un típico 30% de ahorro de energía se puede lograr con sensores de ocupación para controlar la iluminación [21].

Las tecnologías para medir la ocupación pueden ser divididas en seis categorías: basadas en imágenes, contacto y mecánico, detección de movimiento, señal electromagnética, parámetros ambientales, registro manual de datos y detección de consumo [22] (ver Fig. 3). Los sensores funcionan en base a los fundamentos físicos generales y aún presentan deficiencias, tales como la necesidad de desarrollar elementos de detección avanzados que puedan capturar a los ocupantes en una zona térmica con precisión, además que la mayoría de los sensores dependen de una fuente de alimentación externa para un experimento a largo plazo, creando desafíos de costos y cableado para la implementación a gran escala. De igual manera el consumo de energía del conjunto integrado: unidad de procesamiento, comunicación y el elemento sensor en sí.

**Las tecnologías basadas en imágenes**, detectan la información electromagnética y la transmiten en forma de matriz. Consisten en cámaras de luz visible, cámaras de luminancia, cámaras infrarrojas (IR) o térmicas, sensores de nivel de luz y cámaras estereoscópica. No están basados en terminales y pueden utilizarse para proporcionar función individualizada [14]. Hay altas

precisiones de detección con sensores de cámara de buena calidad. Han demostrado proporcionar información de la ocupación en una amplia gama de su resolución (identidad, cantidad, actividad y otros) [23], sin embargo, pueden tener altos costos de instalación y mantenimiento y presentan problemas de privacidad

**De contacto y mecánico**, ambos detectan el cambio en el estado de un componente del edificio con el que los ocupantes interactúan con frecuencia, como una puerta, una ventana o el aire acondicionado. Los ejemplos de esta categoría son interruptores de lámina (*Reed contact*) [24], placas de puertas (*door badges*), los tapetes piezoeléctricos, los rayos infrarrojos (*IR beams*), tarjetas de acceso y bobinas magnéticas.

**Sensores de movimiento**, detectan la presencia o ausencia de un ocupante a través de sus movimientos. El más común es el sensor infrarrojo pasivo (PIR). Todos los objetos, incluidos los seres humanos con una temperatura por encima del cero

absoluto, emiten energía térmica en forma de radiación. La radiación infrarroja emitida es invisible para el ojo humano, pero puede ser detectada por dispositivos como los sensores PIR [14]. Otros tipos son los Doppler ultrasónico, Doppler de microondas y rango ultrasónico.

**Señal electromagnética**, las señales relevantes para la detección de ocupación incluyen: fidelidad inalámbrica (WIFI), Bluetooth, banda ultra ancha (UWB), etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) y el sistema de posicionamiento global (GPS). El sistema generalmente consiste en un nodo de transmisión y otro de recepción. La señal transmitida puede consistir en una serie corta de pulsos o señales de radio modulada [14]. Es importante tener en cuenta que las señales de alta frecuencia que se transmiten a través del aire se ven afectadas por la humedad, la presencia de otras señales y muchos otros factores ambientales.

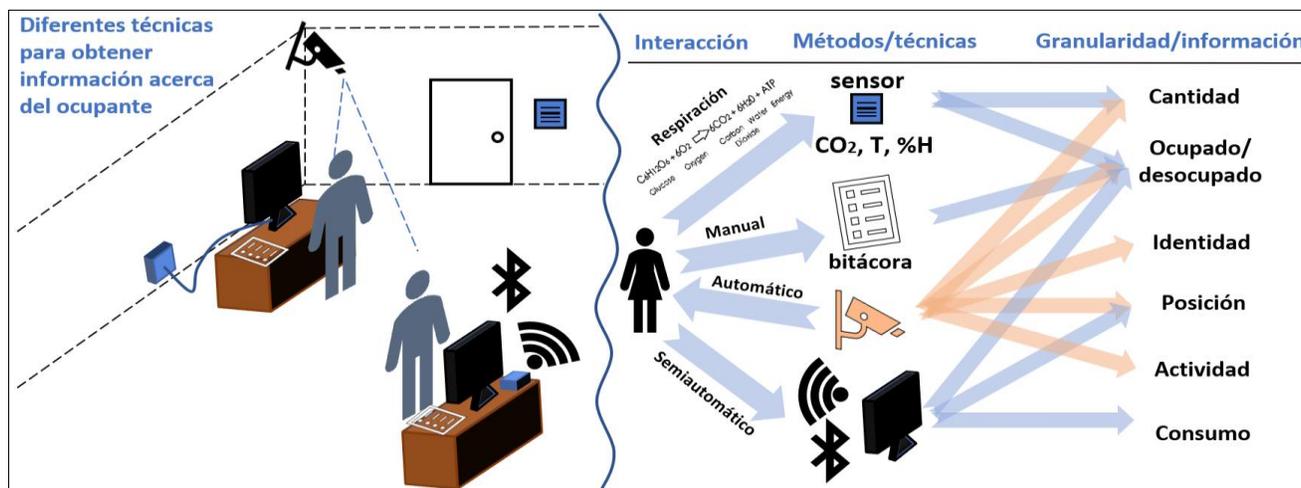


Figura 3. Diferentes tecnologías o técnicas para obtención de información del ocupante.

**Parámetros ambientales**, son un conjunto de diferentes sensores, siendo los más efectivos para la detección de la ocupación: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), humedad relativa, temperatura, compuestos orgánicos volátiles (VOC), acústicos. Los que se consideran más efectivos para detectar presencia son los acústicos y de niveles de CO<sub>2</sub> [24–26]. Los acústicos cubren la captura de sonido soportable mediante los micrófonos y configuraciones de transmisión para estimar la proximidad [12]. Con estos sensores es posible obtener mapas de confort.

**Mediante el registro manual de datos**, la metodología más básica y directa utilizada para la recopilación de información de ocupación es la aplicación de cuestionarios y entrevistas [27,28]. Los métodos en esta categoría son la observación y registro manual, datos de ocupantes basados en internet y las interacciones con dispositivos [18].

**Detección de consumo**, cubre la medición del consumo de electricidad y de agua. El cambio en el consumo de energía de un dispositivo cuando cambia de un estado inactivo a activo proporciona información con la cual se puede inferir la ubicación y presencia de los usuarios [14].

Otra modalidad ampliamente utilizada en la actualidad es la “fusión de sensores”, con esta técnica se busca maximizar las ventajas de cada uno de los sensores y lograr una combinación que permita mayor precisión en la detección de la ocupación y superar las limitaciones individuales de cada uno de los sensores [14,24,29].

### 3.1 Parámetros a considerar al seleccionar un sensor

En las últimas décadas, las investigaciones del comportamiento de los ocupantes en los espacios acondicionados han sido realizadas utilizando alguna de las tecnologías descritas en este artículo, de manera individual, sin embargo, actualmente con los avances de la tecnología orientadas hacia el internet de las cosas (IoT), es posible la implementación de diferentes sensores y obtener mejores resultados, que nos permitan definir modelos más precisos para estimar, tanto la presencia, como la interacción de los ocupantes con los diferentes sistemas de los edificios. De acuerdo con las tecnologías descritas, se pueden identificar algunos parámetros de rendimiento, que permitan evaluar las opciones al momento de

requerir la implementación de alguna de estos sistemas, tales como: costo, área de implementación, tipo de recolección de datos, problemas de privacidad, tipo de fuente de poder, rango de detección, precisión de la detección, almacenamiento de datos y limitaciones asociadas a cada sensor [22].

### 3.2 Retos al seleccionar un sensor

En este tema, existen retos importantes aún por afrontar en lo que corresponde a la estimación y detección de la ocupación, tales como el estudio de la mejor ubicación de los sensores de manera de optimizar su desempeño, así como el aumento de técnicas que incluyan la fusión de sensores, a manera de poder compensar las limitaciones y mejorar el rendimiento final de las tecnologías individuales y los algoritmos desarrollados para estimar y detectar la ocupación sin necesidad de la intervención humana [30]. Existen desafíos claros en términos del elemento sensor, del consumo de energía, del procesamiento de los datos y en términos de comunicación, tales como investigar mecanismos de bajo consumo de energía para que los sensores puedan ser autónomos por largos periodos de tiempo. Otro aspecto por considerar es la comunicación que determina la frecuencia con la que los datos se almacenan y que consume la mayor parte de energía de todo el sensor y como se puede configurar una red de comunicación para minimizar el consumo total de energía.

En las últimas décadas, el monitoreo de la ocupación se ha enfocado en la utilización de un solo sensor, sin embargo, con el desarrollo del internet de las cosas (IoT), la detección de ocupantes y la adquisición de datos no se limitan a un solo nodo.

### Discusión

Las tecnologías presentadas anteriormente son utilizadas en la actualidad para el control de la ocupación en edificios y su implementación contribuye a disminuir el consumo de energía, costos de operación, así como a mejorar del rendimiento general de los edificios, dado que la información recopilada permite anticipar comportamientos y preferencias de los ocupantes.

Uno de los principales parámetros a considerar para la implementación de alguna de estas tecnologías, es el costo del equipo, el cual incluye los costos individuales de hardware y software, de instalación e integración con los sistemas e infraestructuras existentes, gastos de operación, mantenimiento y actualizaciones de los softwares. Otro aspecto importante, es la privacidad de los ocupantes, por lo cual debe siempre tenerse en cuenta su consentimiento y buscar un equilibrio entre el nivel de monitoreo y la privacidad de estos. Los demás aspectos se deben tener en cuenta, dependiendo de los resultados deseados.

### Conclusión

En este artículo se realizó una revisión de las técnicas existentes para el control de la ocupación de edificios, de acuerdo al método, su función y la infraestructura vs el tipo de sensor utilizado. Adicionalmente se realizó una clasificación general de los sistemas de ocupación en bases a sus propiedades espacio temporal, siendo estas: localización, presencia, cantidad, actividad, identidad y seguimiento.

### Agradecimiento

El investigador es apoyado por el Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).

### Referencias

- [1] U.S. Green Building Council, LEED 2009 for new construction and major renovations, 2009.
- [2] (2009) Green Globes, The green building initiative. [Online] Disponible en: <http://www.greenglobes.com/home.asp>.
- [3] D. Mora, C. Carpino, M. De Simone, Energy consumption of residential buildings and occupancy profiles. A case study in Mediterranean climatic conditions., *Energy Efficiency*. 2017. doi:10.1007/s12053-017-9553-0.
- [4] (2015) IEA, IEA-EBC Annex 66: Definition and simulation of occupant behavior in buildings. [Online] Disponible en: [www.annex66.org](http://www.annex66.org).
- [5] V. Fabi, R.V. Andersen, S. Corngati, B.W. Olesen, Occupants' window opening behaviour: a literature review of factors influencing occupant behaviour and models, *Building and Environment*. 2012. vol. 58, 188–198. doi:10.1016/j.buildenv.2012.07.009.
- [6] A.F. Emery, C.J. Kippenhan, A long term study of residential home heating consumption and the effect of occupant behavior on homes in the Pacific Northwest constructed according to improved thermal standards, *Energy*. 2006, vol. 31, 677–693. doi:10.1016/j.energy.2005.04.006.
- [7] O. Guerra-Santin, Actual energy consumption in dwellings -the effect of energy performance regulations and occupant behaviour, IOS Press under the imprint Delft University Press, 2010.
- [8] S. Chen, W. Yang, H. Yoshino, M.D. Levine, K. Newhouse, A. Hinge, Definition of occupant behavior in residential buildings and its application to behavior analysis in case studies, *Energy and Buildings*. 2015. vol. 104, 1–13. doi:10.1016/j.enbuild.2015.06.075.
- [9] Z. Yu, B.C.M. Fung, F. Haghighat, H. Yoshino, E. Morofsky, A systematic procedure to study the influence of occupant behavior on building energy consumption, *Energy and Buildings*. 2011. vol. 43, 1409–1417.
- [10] R. Yang, L. Wang, Development of multi-agent system for building energy and comfort management based on occupant behaviors, *Energy and Buildings*. 2013. vol. 53, 1–7. doi:10.1016/j.enbuild.2012.10.025.
- [11] K. Christensen, R. Melfi, B. Nordman, B. Rosenblum, R. Viera, Using existing network infrastructure to estimate building occupancy and control plugged-in devices in user workspaces, *International Journal Communication Networks and Distributed Systems*. 2014. vol. 12, 4–29.
- [12] M.B. Kjærgaard, F.C. Sangogboye, Categorization framework and survey of occupancy sensing systems, *Pervasive and Mobile Computing*. 38 (2017) 1–13. doi:10.1016/j.pmcj.2016.09.019.
- [13] R. Zhang, K.P. Lam, Y.-S. Chiou, B. Dong, Information-theoretic environment features selection for occupancy detection in open office spaces, *Building Simulation*. 2012. vol. 5, 179–188. doi:10.1007/s12273-012-0075-6.
- [14] T. Labeodan, W. Zeiler, G. Boxem, Y. Zhao, Occupancy measurement in commercial office buildings for demand-driven control applications - A survey and detection system evaluation, *Energy and Buildings*. 93 (2015) 303–314. doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.028.
- [15] T. Teixeira, G. Dublon, A. Savvides, A survey of human-sensing: methods for detecting presence, count, location, track, and identity, *ACM Computing Surveys*. 2010. vol. 5, 1–35. [http://www.eng.yale.edu/enalab/publications/human\\_sensing\\_enalab\\_WIP.pdf](http://www.eng.yale.edu/enalab/publications/human_sensing_enalab_WIP.pdf).
- [16] C. Martani, D. Lee, P. Robinson, R. Britter, C. Ratti, ENERNET: Studying the dynamic relationship between building occupancy and energy consumption, *Energy and Buildings*. 2012. vol. 47, 584–591. doi:10.1016/j.enbuild.2011.12.037.
- [17] F. Jazizadeh, W. Jung, Personalized thermal comfort inference using RGB video images for distributed HVAC control, *Applied Energy*. 2018. vol. 220, 829–841. doi:10.1016/j.apenergy.2018.02.049.
- [18] R. Melfi, B. Rosenblum, B. Nordman, K. Christensen, Measuring

- building occupancy using existing network infrastructure, in: International Green Computing Conference, 2011.
- [19] M. Kapsalaki, V. Leal, Recent progress on net zero energy buildings, *Advances in Building Energy Research*. 2011. vol. 5, 129–162. doi:10.1080/17512549.2011.582352.
- [20] I. Sartori, A. Napolitano, K. Voss, Net zero energy buildings: a consistent definition framework, *Energy and Buildings*. 2012. vol. 48, 220–232. doi:10.1016/j.enbuild.2012.01.032.
- [21] S. Pigg, M. Eilers, J. Reed, Behavioral Aspects of Lighting and Occupancy Sensors in Privates Offices: A case study of a University Office Building, in: *ACEEE 1996 Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 1996: pp. 161–170.
- [22] B. Dong, M.B. Kjærgaard, M. De Simone, H.B. Gunay, W. O'brien, D. Mora, J. Dziedzic, J. Zhao, Sensing and Data Acquisition, in: A. Wagner, W. O'brien, B. Dong (Eds.), *Exploring Occupant Behavior in Buildings- Methods and Challenges*, Springer International Publishing AG, 2018. doi:10.1007/978-3-319-61464-9.
- [23] D. Liu, X. Guan, Y. Du, Q. Zhao, Measuring indoor occupancy in intelligent buildings using the fusion of vision sensors, *Measurement Science and Technology*. 2013. vol. 24, 074023. doi:10.1088/0957-0233/24/7/074023.
- [24] D. Mora, G. Fajilla, M.C. Austin, M. De Simone, Occupancy patterns obtained by heuristic approaches: cluster analysis and logical flowcharts. A case study in a university office, *Energy and Buildings*. 2019. doi:10.1016/j.enbuild.2019.01.023.
- [25] B. Dong, K.P. Lam, Building energy and comfort management through occupant behaviour pattern detection based on a large-scale environmental sensor network, *Journal of Building Performance Simulation*. 2011. vol. 4, 359–369. doi:10.1080/19401493.2011.577810.
- [26] A. Ebadat, G. Bottegal, D. Varagnolo, B. Wahlberg, K.H. Johansson, Estimation of building occupancy levels through environmental signals deconvolution, in: *Proceedings of the 5th ACM Workshop on Embedded Systems For Energy-Efficient Buildings - BuildSys'13*, 2013: pp. 1–8. doi:10.1145/2528282.2528290.
- [27] J. Yang, M. Santamouris, S.E. Lee, Review of occupancy sensing systems and occupancy modeling methodologies for the application in institutional buildings, *Energy and Buildings*. 2015. vol. 121 1–6. doi:10.1016/j.enbuild.2015.12.019.
- [28] C. Carpino, D. Mora, M. De Simone, On the use of questionnaire in residential buildings. A review of collected data, methodologies and objectives, *Energy and Buildings*. 2019. doi:10.1016/j.enbuild.2018.12.021.
- [29] W. Wang, J. Chen, T. Hong, Occupancy prediction through machine learning and data fusion of environmental sensing and Wi-Fi sensing in buildings, *Automation in Construction*. 2018. vol. 94, 233–243. doi:10.1016/j.autcon.2018.07.007.
- [30] Z. Chen, C. Jiang, L. Xie, Building occupancy estimation and detection: A review, *Energy and Buildings*. 2018. vol. 169, 260–270. doi:10.1016/j.enbuild.2018.03.084.

# Impacto del recurso humano al implantar un sistema de gestión de inocuidad alimentaria en pequeñas y medianas empresas en Panamá

Damarys Cortés<sup>1</sup> , Juana Ramos Chue de Pérez<sup>2</sup> , Wedleys Tejedor<sup>3</sup> 

Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>1</sup>damarys.cortes; <sup>2</sup>juana.ramos; <sup>3</sup>wedleys.tejedor@utp.ac.pa

DOI <https://doi.org/10.33412/pri.v11.1.2531>



**Resumen:** Con el fin de encontrar una alternativa eficiente para la implantación de un sistema de gestión de inocuidad alimentaria (SGIA) que sea afín a las pequeñas y medianas empresas (pymes) de alimentos de nuestro país, se realizó un estudio de caso y una encuesta a 100 pymes de alimentos en Panamá. Se propone un modelo metodológico usando tres pilares básicos: conceptos mínimos de la gestión del recurso humano, una herramienta de la ingeniería de proyectos y las buenas prácticas higiénicas (BPH) como parte de todo SGIA. Se presenta el desarrollo del primer pilar, en el cual se puntualiza el concepto de cultura de inocuidad como un componente clave de los planes estratégicos de implantación de sistemas de gestión. Como parte del modelo, se evaluaron los principales retos que confronta el personal y se identificaron los requisitos mínimos con que debe contar un Departamento de Recursos Humanos, los cuales, una vez adecuados permiten a las empresas alcanzar el éxito en materia de calidad e inocuidad.

**Palabras claves:** gestión de inocuidad alimentaria, pequeñas y medianas empresas en Panamá, gestión del recurso humano, buenas prácticas higiénicas.

**Title:** Impact of human resources when implementing a food safety management system in small and medium-sized panamanian companies

**Abstract:** In order to find an efficient alternative for the implementation of a food safety management system (FSMS) that is related to the small and medium-sized food enterprises (SMFEs) of our country, a case study and a survey of 100 SMFEs in Panama. A methodological model is proposed using three basic pillars: minimum concepts of human resource management, a project engineering tool and good hygienic practices (GHP) as part of all FSMS. The development of the first pillar is presented, in

which the concept of safety culture is pointed out as a key component of the strategic plans for implementing management systems. As part of the model, the main challenges facing the staff were evaluated and the minimum requirements that a Human Resources Department must have were identified, which, once adequate, allow companies to achieve success in terms of quality and safety.

**Key words:** food safety management, small and medium sized Panamanian companies, human resource management, good hygienic practices.

Tipo de artículo: original

Fecha de recepción: 20 de agosto de 2019

Fecha de aceptación: 21 de enero de 2020

## 1. Introducción

La presente investigación es de tipo aplicada; el alcance se sustenta en el uso de una metodología que servirá de base para el desarrollo de un proyecto de implantación de un Sistema de gestión de inocuidad alimentaria (SGIA), orientado a mejorar los estándares en la agroindustria de alimentos panameña. Se cuenta con el apoyo de una empresa de condimentos y especias del distrito de Panamá, lo cual permite que se realice el estudio, que da como resultado un modelo base que a diferencia de los métodos actuales de implantación, pone de relieve la importancia de la cultura de inocuidad como complemento importante para que perdure con el tiempo; siendo que, en algunos de los incidentes de inocuidad alimentaria en los últimos años, la cultura organizacional ha desempeñado un papel importante.

La cultura de inocuidad alimentaria se puede visualizar en términos de cómo y qué piensan los colaboradores en una empresa u organización al respecto; es decir, son las conductas sobre inocuidad alimentaria que practican y demuestran rutinariamente [1].

Aunque se observa que la agroindustria alimentaria panameña representa el 84 % del producto interno bruto (PIB) total agroindustria [2], faltan políticas de inocuidad cónsonas con la realidad en que vivimos. Todos los países necesitan contar con programas de control de alimentos para garantizar que los suministros nacionales sean inocuos, de buena calidad y estén disponibles en cantidades adecuadas y a precios asequibles, para asegurar que todos los grupos de la población puedan gozar de un estado de salud y nutrición aceptable [3]. Esto indica que el desarrollo de un método eficaz de implantación de un Sistema de gestión de inocuidad (SGI), que contribuya a la resolución de problemas típicos del sector, será un aporte de vital importancia para las pymes de alimentos, así como para sus clientes y consumidores. Convirtiéndose en beneficiarias directas las empresas agroalimentarias, específicamente en el área de inocuidad, ya que al ser inspeccionadas por el Ministerio de Salud (MINSa) facilitaría la gestión y desarrollo de los Programas de prerrequisitos (PPR).

Conforme al *Códex Alimentarius*, inocuidad es: "La garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando el

mismo sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso a que se destine” [4].

Para lograr alimentos inocuos se requiere de un enfoque integrado en cada eslabón de la cadena, que comparta responsabilidades específicas, lo que incluye asegurar la inocuidad en cada fase de producción; lo cual inicia desde la *materia prima en la finca, la elaboración y almacenamiento, hasta la distribución final*. En este proceso, son responsables desde el proveedor, procesador, así como los entes encargados del gobierno, industrias, universidades, comercio, finalizando con los consumidores. Por lo tanto, el éxito de las empresas depende de la rapidez en la búsqueda de soluciones a problemas técnicos, particularmente en fallas presentadas en la inocuidad de los productos.

Implantar el Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP), por sus siglas en inglés, es una tarea difícil para las pequeñas y medianas empresas, cuánto más retador se convierten los SGIA, que tienen un alcance mucho mayor [5].

Indica Dessler G. [6], que: Muchos administradores triunfaron porque tuvieron la habilidad para contratar a los individuos adecuados para los puestos correctos, y porque supieron motivar, evaluar y desarrollar a esas personas. Los propietarios y gestores de las empresas alimentarias, especialmente en las más pequeñas, manifiestan una cierta resistencia a cambiar la cultura de su negocio, forma de trabajar y no encuentran razones suficientes para el cambio [7].

Todo Sistema de gestión de inocuidad (SGI) debe contar con los PPR del Sistema HACCP, lo que implica grandes inversiones de tiempo y dinero. Con el fin de minimizar esta inversión de recursos en la implantación de los PPR en un Sistema de gestión de inocuidad y, considerando que en Panamá no se conocen modelos concretos que faciliten la labor de las empresas de alimentos en cuanto a la implantación de los SGIA, se realiza esta investigación, cuyo objetivo es proponer un modelo en el cual se apliquen los principios de mejora continua, identificando la raíz de los problemas, para así definir las acciones preventivas y correctivas.

## 2. Antecedentes

Después de la Ley 66 de 1947 [8], conocida como El Código Sanitario, donde en su libro cuarto que trata sobre Política Sanitaria y Saneamiento, en sus artículos del 183 al 186, se establecen los controles sanitarios al cual son sujetos los alimentos de cualquier naturaleza; surgen los Decretos Ejecutivos 65 del año 1997 [9], por el cual se reglamenta la aplicación del Sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP) y en adelante se actualiza con los Decretos 352 y el 81 [10], [11], respectivamente; último decreto que modifica los procedimientos estandarizados de las operaciones de limpieza y desinfección, las buenas prácticas de manufactura (BPM) y el HACCP en las plantas que procesan alimentos diversos, y deben contar obligatoriamente con una descripción detallada de los programas de prerrequisitos debidamente implementados.

En la actualidad, se estableció el Decreto 1784 del 2014 [12], que integra el Reglamento técnico centroamericano para las industrias de bebidas y alimentos procesados, así como los

Decretos 352 y 81, siendo su enfoque en el cumplimiento de las Buenas prácticas de manufactura (BPM).

En el año 2012, la Comisión nacional consultiva de calidad e inocuidad de alimentos [13], elaboró la guía técnica, cuyo objetivo fue el facilitar a los agroindustriales procesadores de alimentos, la elaboración del Manual de BPM-Procedimientos estandarizados de saneamiento siguiendo el reglamento más actualizado en su momento 352 y 81. Dicha comisión estaba conformada por instituciones gubernamentales, así como la Universidad de Panamá y Universidad Tecnológica de Panamá, por la Agencia Española para la Cooperación Internacional y el Desarrollo (AECID) y por el Ministerio de Comercio e Industrias.

Entre los años 1993 al 2014, basado en las observaciones de la autora principal, se infieren patrones del recurso humano en unas 35 empresas de alimento en Panamá, que incluyeron productos vegetales empacados al vacío, queserías, derivados de la molinería, entre otras, con un recurso humano y tecnológico diverso, sugiriendo que la forma tradicional para la implantación de los POES y PPR no favorecían que la misma fuera sostenible en el tiempo. A partir de esta observación, se propone este estudio con el interés de focalizarlo en una pyme de alimentos, así como en la elaboración de una encuesta a nivel nacional. La empresa seleccionada tiene como principal actividad, la elaboración de fórmulas para la industria cárnica panameña, la misma ha desarrollado una extensa gama de mezclas de aditivos, especias y condimentos totalmente equilibrados, que le permiten a sus clientes obtener una extensa variedad de productos, con sus particularidades de sabor, color, y tecnología de fabricación.

Se consideró una pyme de alimentos panameña, procesadora de especias y condimentos, debido al cumplimiento de los siguientes requisitos preestablecidos. Esta empresa tiene una particularidad especial, ya que entre sus clientes se encuentran grandes industrias cárnicas, que elaboran productos muy sensitivos en materia de inocuidad alimentaria. Además, los clientes de esta empresa procesadora de condimentos son industrias exigentes en el cumplimiento de lineamientos preestablecidos, auditándolos con una frecuencia importante. A su vez, estas grandes industrias (sus clientes) son sujetas a frecuentes auditorías en donde se les exigen altos estándares de calidad e inocuidad, solicitados por las franquicias transnacionales.

Esta interrelación ejerce indirectamente una alta presión hacia esta pyme de condimentos, ya que las industrias transnacionales sin ser necesariamente clientes directos de la empresa solicitan a las grandes corporaciones el cumplimiento de PPR robustos e integrados entre sí por un Sistema de gestión de inocuidad, y estas grandes empresas solicitan elevados estándares a esta pyme de condimentos.

## 3. Metodología

Para este proyecto de investigación se utilizaron tres componentes: Estudio de caso de tipo exploratorio, encuesta en Panamá tomando en cuenta la interrelación entre las variables establecidas y la triangulación metodológica.

La triangulación metodológica es secuencial, puesto que el resultado de estudio de caso sustentó la planeación para la

aplicación de la encuesta, complementando la información obtenida.

### 3.1 Estudio de caso

El presente estudio se inició en el año 2014, por un periodo de 4 años, con una investigación cualitativa, con base en un estudio de caso, aplicando el análisis temático como técnica de obtención de información. La observación directa y participativa fue realizada en el transcurso de todo el estudio, así como también se realizaron entrevistas detalladas, especialmente a los actores de la empresa seleccionada; logrando identificar y comprender los roles de cada miembro de la organización, mediante la observación de patrones de relación y reconociendo que el conocimiento se construye tomando en cuenta la participación de los diferentes colaboradores de la empresa.

Al respecto, se realizaron entrevistas a la gerente de operaciones y al jefe de control de calidad. El principal motivo por el cual el estudio de caso se realizó en una sola empresa fue debido a su complejidad, por tratarse de una empresa de alimentos donde convergen factores internos y externos que requieren de un análisis exhaustivo; además, se determinó que posteriormente se realizaría una encuesta a las pymes de alimento panameñas a nivel nacional que igualmente debían cumplir con los requisitos.

#### 3.1.1 Requisitos de la empresa óptima

- Ser pyme de alimentos panameña.
- Contar con un responsable de la calidad en la empresa, basado en los Decretos Ejecutivos 81 del 2003, 352 del 2001, así como el Decreto 1784 del 2014.
- Empresa legamente establecida con permiso de operaciones vigente.
- Disponibilidad de tiempo para reuniones y coordinación de cada fase del proyecto.
- Compromiso de permitir auditorías e inspecciones del Sistema de gestión de inocuidad.
- Confidencialidad entre las partes.
- Interés en el proceso de mejora continua sobre su SGIA.

#### 3.1.2 Entrevista a la Gerencia de operaciones

Se diseñó un formato-encuesta utilizando preguntas abiertas, dirigidas a la alta gerencia de la empresa. Antes de realizar dicha entrevista, sus preguntas fueron validadas con dos Ingenieros en alimentos.

#### 3.1.3 Instrumento para auditoría diagnóstica

Para el diseño del instrumento diagnóstico se consultaron diferentes fuentes, dirigidas a la realización de auditorías internas a empresas de alimentos y sus sistemas de gestión de inocuidad alimentaria. Entre los lineamientos consultados están la Norma FSSC 22000:2014. Se encuentran los Decretos de Panamá n.º352 del 2001 y el n.º81 del 2003. Además, se analizó el Decreto n.º1784 de 2014 que trata sobre "Buenas prácticas de manufactura para la industria de alimentos y bebidas procesados, del Ministerio de Salud de Panamá".

Después de establecer comparaciones y realizar un cuidadoso estudio de estas regulaciones, tanto de las plantas de alimentos, así como de las pymes se elaboró un modelo de formato para la Auditoría diagnóstica.

#### 3.1.4 Auditoría Diagnóstica

El principal objetivo de realizar la auditoría diagnóstica consistió en tener un punto de partida en cuanto a la situación inicial de los procesos, incluyendo aspectos, tanto administrativos como de recursos humanos, técnicos y, en especial del Sistema de gestión de calidad e inocuidad, para así establecer prioridades para el diseño de la ruta a seguir en el planteamiento del diseño metodológico base.

Esta auditoría diagnóstica fue interrelacionada con la entrevista realizada a la gerente de operaciones, todo esto con el fin de seleccionar el PPR que serviría como base para el desarrollo del modelo metodológico. El formato utilizado contempla todas las áreas de proceso, los PPR y el Sistema HACCP, así como también el estatus de las instalaciones y aspectos de gestión y recurso humano.

#### 3.1.5 Selección del Programa de prerequisites (PPR)

Se seleccionó el PPR en base a la auditoría diagnóstica, entrevistas a la gerente de operaciones y observaciones directas al personal, utilizando a la vez un formulario de inspección. El objetivo de las observaciones fue identificar si se cumplían las BPM, como aspecto básico de un SGIA.

Fueron 3 PPR que pudieron servir de base, pues obtuvieron un valor menor al resto de los demás. Estos fueron:

- Mejoramiento continuo, 72 %;
- Capacitación de los trabajadores, 50 %
- Buenas prácticas de manufactura, 66 %

El criterio tomado en consenso fue:

- Se seleccionará el PPR que afecte en mayor proporción los demás procesos, siendo las Buenas prácticas higiénicas como parte de las BPM, el PPR a estudiar.

#### 3.1.6 Gestión del recurso humano

Una vez se realiza la Auditoría interna diagnóstica, se identifica el componente de la gestión humana del estudio. Entre los aspectos consultados en el instrumento para la realización de la auditoría interna, se encuentran los relacionados con la capacitación del personal, así como el procedimiento de inducción del recurso humano. Se desarrolla entonces un Programa anual de capacitación del personal, y desde un inicio, se procede a brindar un entrenamiento al recurso humano, incluyendo al personal administrativo. El método utilizado para el entrenamiento al personal fue de tipo lúdico, profundizando en el concepto de cultura de inocuidad, alternativa identificada en artículos de Inglaterra [14], Chile-ACHIPIA (Agencia chilena para la inocuidad y calidad alimentaria), 2018 [15], [16] y Estados Unidos [17].

### 3.2 Aplicación de la encuesta a las pymes de alimento panameñas

El personal encuestador estaba conformado, tanto por estudiantes de Ingeniería en alimentos, como por profesionales

del área, incluyendo a la autora principal. Posterior a la capacitación el equipo encuestador y a la validación del instrumento, se aplicaron las encuestas a las pymes de alimentos en 7 provincias del país, tal y como se muestra en la tabla 2.

### 3.2.1 Población

Para la selección de la muestra, estos son los requisitos:

- Ser pyme de alimentos en Panamá.
- Contar con un responsable de la calidad en la empresa.
- Basado en los Decretos Ejecutivos 81 del 2003, 352 del 2001, así como el Decreto 1784 del 2014. (Decretos 81; 352, 1784).
- Ser una empresa legamente establecida con permiso de operaciones vigente y confidencialidad entre las partes.

Se utilizó la fórmula 1 [18] para el cálculo del tamaño de la muestra para una población finita. El diseño utilizado para escoger la muestra fue estratificado, utilizando como estrato el tamaño de la pyme (pequeña y mediana), luego los tipos de actividades agroindustriales. La muestra obtenida fue de 100 pequeñas y medianas empresas de alimentos a nivel nacional, clasificadas como pymes, de un total de 2,035 [19], con un error máximo admisible ( $d$ ) del 8 % y un nivel de confianza de 90 %. Se aplicó la encuesta a un total de 100 pymes procesadoras de alimentos para complementar el estudio. Se utilizó este valor  $d$  y nivel de confianza, por la aplicación de la estadística inferencial. Esto permite alcanzar un compromiso tomando en cuenta el tiempo e inversión de recursos por la naturaleza del estudio; y de acuerdo a la literatura se establece por convención común en las Ciencias Sociales intervalos de confianza de 90, 95 y 99 por ciento [20].

$$n = \left[ \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \right] \quad (1)$$

En donde:

$Z$  = Desviación del valor medio que se acepta para lograr el nivel de confianza deseado, 90 %.

$N$  = Total de elementos de una población finita.

$p$  = Proporción estimada de la población que presenta concordancia con la legislación alimentaria (cumplimiento del manual de Buenas prácticas de manufactura, entre otros).

$q$  = Probabilidad de fracaso.

$n$  = Número de elementos de la muestra.

$d^2$  = Precisión (error máximo admisible en términos de proporción).

Debido a que la encuesta es de múltiples preguntas, tanto dicotómicas (Sí, No) como de escala Likert, se realizó el análisis con base en las preguntas que requirieran un tamaño de muestra mayor, así todas estarían cubiertas; tomándose en cuenta que las preguntas dicotómicas requieren un mayor tamaño de muestra que las continuas. El procedimiento consistió en seleccionar para cada variable, con mayor tamaño de muestra, recodificándola entonces de escala Likert a escala Dicotómica.

Se realiza el cálculo del coeficiente de  $\alpha$  de Cronbach. Este coeficiente nos permite tener una estimación de la fiabilidad de una escala aditiva formada por varios indicadores cuyo promedio o combinación lineal representará los niveles de un constructo o concepto [21]. Para la consulta sobre el cumplimiento del manual

de las BPM en las pymes encuestas, se calculan el  $\alpha$  de Cronbach (0.97), favoreciendo la fiabilidad de la escala de medida utilizada en el presente estudio, por estar arriba de 0.70, sin embargo, se trata de estimaciones de juicio prudencial.

### 3.3 Triangulación metodológica

Se ha seleccionado la triangulación metodológica como estrategia de investigación; pues según un estudio realizado [22], la triangulación aporta validez y fiabilidad al proceso, resultados y conclusiones, ofrece enriquecimiento y profundidad a la investigación, además es excelente para la eliminación de sesgos. Unido a esto, la triangulación también flexibiliza el diseño de la investigación, puesto que permite que se adapte mejor a los objetivos que se plantea [22].

Una vez realizado el estudio de caso de la pyme de condimentos panameña, mediante una auditoría diagnóstica, entrevistas a la gerente de operaciones, observaciones directas al personal, e inspecciones se realiza una encuesta a unas 100 pymes de alimentos en Panamá y revisión bibliográfica. Posterior a lo cual se aplica la triangulación metodológica, fortaleciendo el impacto del estudio.

## 4. Resultados y discusión

Se identifica que las pymes de alimentos en Panamá confrontan retos importantes para implantar y, sobre todo, mantenerse en el proceso de mejora continua.

El presente proyecto de investigación generó como resultado:

- Requisitos mínimos del recurso humano.
- Capacitación lúdica del personal.
- Caracterización de las pymes de alimentos en Panamá, en relación con la inocuidad.

En la tabla 1 se observan los procedimientos y programas seleccionados como imprescindibles para que una pyme de alimentos favorezca el proceso de implantación de un SGIA y se mantenga con el tiempo.

### 4.1 Requisitos mínimos del recurso humano

Para la elaboración de la tabla 1, donde se describen los requisitos mínimos del recurso humano, se tomaron en cuenta las observaciones directas, entrevistas y evaluaciones post capacitación del personal de la empresa de estudio de caso. Además, a través de la encuesta a las 100 pymes de alimentos, donde 7 cuestionamientos de los 11 presentados, estuvieron dirigidos al recurso humano. Se presentan a continuación los aspectos más relevantes que sugirieron la importancia de que el personal técnico estuviera respaldado por un departamento de personal o del recurso humano para facilitar la implementación de las BPM y otros aspectos de calidad e inocuidad.

Se cuestionó la existencia de un departamento de recursos humanos en la empresa a lo cual respondieron el 65% de las pymes encuestadas que no, mientras que el 35% de las 100 pymes, sí poseía un departamento de recursos humanos. Por otro lado, El 20% de las pymes contestó que realiza capacitación respecto a las relaciones interpersonales; contestando el 80% que no.

En un 50% de las pymes se encargan de realizar la descripción del puesto; pagar la planilla y capacitación del personal; en un 45% se realiza la inducción y/o reintroducción del personal; en un 35% se evalúa el desempeño y se realiza el procedimiento de contratación de personal.

Aún sin contar con un departamento de recursos humanos, se presentan requisitos mínimos con los cuales se propone que estas pymes adecúen estos procedimientos básicos para alcanzar el éxito. Los datos antes presentados sirvieron de insumo para el establecimiento de estos requisitos mínimos.

Tabla 1. Requisitos mínimos del recurso humano

| N° | Procedimiento, programa                     |
|----|---|
| 1  | Procedimiento de contratación de personal   |
| 2  | Procedimiento de inducción y reintroducción |
| 3  | Procedimiento de descripción del puesto     |
| 4  | Procedimiento de evaluación del desempeño   |
| 5  | Programa anual de capacitación lúdica       |
| 6  | Programa anual de incentivos al personal    |

#### 4.2 Capacitación lúdica del personal

Devaki [23], afirma que las actividades lúdicas hacen referencia a situaciones de aprendizaje donde el componente lúdico, de entusiasmo, juega un papel importante. Son formas motoras jugadas. La capacitación es una estrategia para la empresa y más si se basa en su propia cultura de inocuidad.

Al respecto, la autora aplicó en la empresa de estudio, el concepto de capacitación lúdica, donde los colaboradores establecieron nuevas relaciones con sus compañeros, quienes se coordinaron mejor para trabajar en equipo, llegando a acuerdos entre los colaboradores nuevos y los trabajadores de más de 10 años de trabajo, favoreciendo el cumplimiento de las BPM.

Se usaron técnicas como: Taller de cuerdas, herramientas para la solución de problemas (gráfica de causa y efecto). Se realizó una feria de aprendizaje-enseñanza, donde los colaboradores comprendieron más a fondo los procesos y a los clientes internos, pues trabajaron integralmente entre todos.

#### 4.3 Caracterización de las pymes de alimentos panameñas en relación con la inocuidad

En la tabla 2, se presentan las ubicaciones de las pymes procesadoras de alimento. Se puede observar que 56 de las 100 empresas pertenecían a la capital, mientras que 44 pymes provenían del interior del país, información útil para su análisis.

Tabla 2. Número de encuestas aplicadas por provincia

| Provincia  | n.º de encuestas aplicadas | Porcentaje |
|------------|----------------------------|------------|
| Panamá     | 56                         | 56%        |
| Herrera    | 16                         | 16%        |
| Chiriquí   | 14                         | 14%        |
| Los Santos | 7                          | 7%         |
| Veraguas   | 4                          | 4%         |
| Coclé      | 2                          | 2%         |
| Panamá O.  | 1                          | 1%         |

#### 4.4 Rubros de las pymes agroindustriales evaluadas

En la tabla 3 se muestra el número de pymes estudiadas según las ramas agroindustriales, basadas en clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas [24], debido a la particularidad de las pymes que fueron estudiadas. Se puede observar que se evaluaron agroindustrias de elaboración de bebidas (10%), productos de molinería (7%), lácteos (17%), chocolatería (3%), productos cárnicos, pescado, frutas, hortalizas, vegetales, grasas y aceites (31%), panadería (12%), y por último otros alimentos (20%). Esto permitió identificar el comportamiento en cuanto a inocuidad de los alimentos en diferentes empresas.

Tabla 3. Rubros de las pymes agroindustriales evaluadas

|  | Cantidad de pymes agroindustriales |
|--|------------------------------------|
| Elaboración de bebidas   | 10                                 |
| Elaboración de productos de molinería  | 7                                  |
| Elaboración de productos lácteos   | 17                                 |
| Elaboración de chocolate   | 3                                  |
| Producción, elaboración, conservación de carne, pescado, frutas, legumbres, hortalizas, aceites y grasas | 31                                 |
| Productos de panadería   | 12                                 |
| Elaboración de otros productos alimenticios  | 20                                 |

#### 4.5 Nivel tecnológico en las pymes encuestadas

Como se puede observar en la figura 1, de las 100 pymes evaluadas, el 74% posee un nivel tecnológico semi-mecanizado, mientras que el 21% emplea un nivel manual de producción y el 5% un nivel totalmente mecanizado.

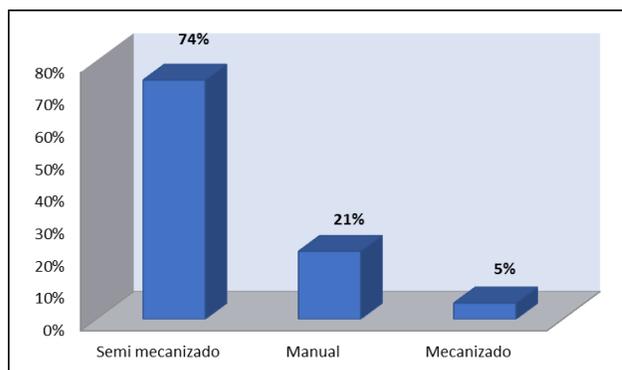


Figura 1. Nivel tecnológico utilizado en las pymes de alimentos

#### 4.6 Clasificación de las pymes evaluadas, según el número de empleados

En Panamá, una de las clasificaciones de las pymes, según el Ministerio de Trabajo, está basada en el número de empleados, es decir, según la clasificación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) [25], en la cual las empresas se clasifican en micro (1-9 empleados); pequeña (10-49 empleados); mediana (50-199 empleados) y grande (>200 empleados).

Con esta clasificación, el 53% de las pymes agroalimentarias evaluadas en este estudio eran pequeñas empresas, mientras

que el 47% eran medianas empresas. Esto permitió identificar, tanto en la capital del país como en las demás provincias, la situación actual en que se encuentra su SGIA.

Se presenta en la figura 2, los problemas que con mayor frecuencia enfrentan con el recurso humano en las pymes encuestadas. Se observa que uno de los principales retos es la falta de compromiso del personal (36%); la falta de capacitación del personal se mencionó como uno de los puntos de importancia (34%); así como la falta de personal (29%). También se indicó que el temor a contratar personal no adecuado era uno de sus retos (24%); así como la falta de manejo de beneficios (19%), y la falta de actualización de expedientes con información de las capacitaciones recibidas (10%).

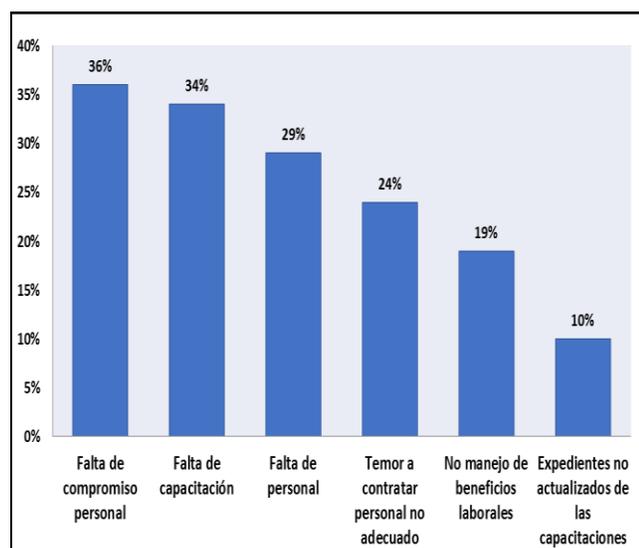


Figura 2. Problemas más comunes que enfrentan con su recurso humano

#### 4.7 Aplicación de certificaciones, sistemas de inocuidad y calidad

En la tabla 4 se observa, según los datos obtenidos luego de realizar la encuesta, de 100 pymes encuestadas (julio, 2018), el 68% sí aplica las BPM, mientras que el 32% no lo hace. El 60% de las pequeñas empresas aplican el sistema HACCP, mientras que el 40% de las pymes indican que no lo implementan, y pertenecen a los diferentes rubros de las empresas agroindustriales evaluadas.

Según datos de un informe sobre la caracterización de empresas agroindustriales alimentarias de Panamá en el año 2013 [2], de 2.376 empresas agroalimentarias registradas en Panamá se analizó y encuestó a 273 empresas donde el 96% de las mismas eran pymes. Los resultados al analizar la aplicación de las BPM en las mismas fueron que de 272 empresas, el 71% sí las aplicaba; mientras que el 29% de las mismas no lo hacía.

Tabla 4. Certificaciones, inocuidad y calidad

| Tipo de sistema | Aplica |     |
|-----------------|--------|-----|
|                 | Sí     | No  |
| CERTIFICACIÓN   | 30%    | 70% |
| BPM             | 68%    | 32% |
| HACCP           | 60%    | 40% |

Por otro lado, se muestra en la tabla 5 que, 56 de las 100 empresas encuestadas consideraron que las capacitaciones son muy importantes para el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura (de 6 a 10 puntos); mientras que 44 empresas consideró que las mismas no son tan imprescindibles para un buen desempeño de las BPM (1-5 puntos).

Tabla 5. Grado de importancia que el encuestado imparte a las capacitaciones para el cumplimiento de las BPM

| Grado de importancia    | 1                                 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6                                  | 7  | 8  | 9 | 10 |
|-------------------------|-----------------------------------|---|---|---|---|------------------------------------|----|----|---|----|
| Respuesta de encuestado | 13                                | 8 | 8 | 6 | 9 | 8                                  | 14 | 14 | 8 | 12 |
| Resultado global        | 44 encuestados respondieron (1-5) |   |   |   |   | 56 encuestados respondieron (6-10) |    |    |   |    |

En la tabla 6, se presentan algunas de las recomendaciones expuestas por las personas encuestadas. Según la opinión de los encuestados, para que las capacitaciones en BPH se apliquen y se mantengan con el paso del tiempo, se deben brindar capacitaciones de tipo lúdicas, claras, *in situ*, llevando registros y controles en planta. Se hace énfasis en que las mismas deben ser de forma frecuente, periódicas, y brindando al personal un programa de incentivos laborales.

Tabla 6. Recomendaciones por el personal encuestado para que las capacitaciones en BPH se mantengan con el tiempo

| Recomendaciones   |
|---|
| Deben ser periódicas como el mantenimiento de planta.         |
| Brindar las herramientas necesarias.                          |
| Contar con cámaras para detectar sus errores.                 |
| Mantener las indicaciones claras a la vista del personal.     |
| Recordatorio constante al personal y vigilar cumplimiento     |
| Verificación <i>in situ</i> de que se aplica la capacitación. |
| Aplicar pruebas diarias de conocimiento en el tema BPH.       |
| Incentivos económicos al personal.                            |
| Registros y controles documentados al final del día.          |
| Recordatorio de la misión, visión de la empresa.              |
| Que las capacitaciones sean más prácticas y activas.          |
| Dar seguimiento en todo el proceso.                           |
| Que sean más frecuentes con personal idóneo y experto.        |
| Énfasis en las afectaciones al no cumplir las BPH.            |
| Re- alimentación del personal sobre el beneficio de todos     |

En la figura 3 se muestran los pasos concretos del modelo propuesto, donde la decisión de implantar el sistema parte de la gerencia, siendo el mismo un compromiso serio, debido a que todo el esfuerzo se encamina hacia el cumplimiento de los objetivos de calidad e inocuidad, sin dejar de lado la rentabilidad de la empresa. Una vez tomada la decisión de implantar el SGIA, se define la política de calidad e inocuidad de acuerdo a las necesidades de la empresa. Posterior a esta política se conforma un equipo de trabajo multidisciplinario. Debido a que el éxito de este sistema es el resultado del trabajo en equipo y del compromiso de cada integrante, se organiza la investigación de las oportunidades de mejora en materia de inocuidad, como también del recurso humano en cuanto al clima organizacional.

Más adelante se les reúne e inicia el proceso de las capacitaciones lúdicas en cultura de inocuidad. Se evalúan los resultados y se traza la ruta a seguir, siendo de vital importancia una comunicación directa entre los diferentes niveles jerárquicos. Una de las primeras actividades del equipo humano responsable de la implantación del sistema, es elaborar el cronograma para la expansión o transferencia de los procedimientos a seguir, en todos los departamentos de la organización, lo cual permitirá dar un mejor seguimiento y verificación de los resultados, para evaluar el grado de avance y sostenimiento del SGIA.

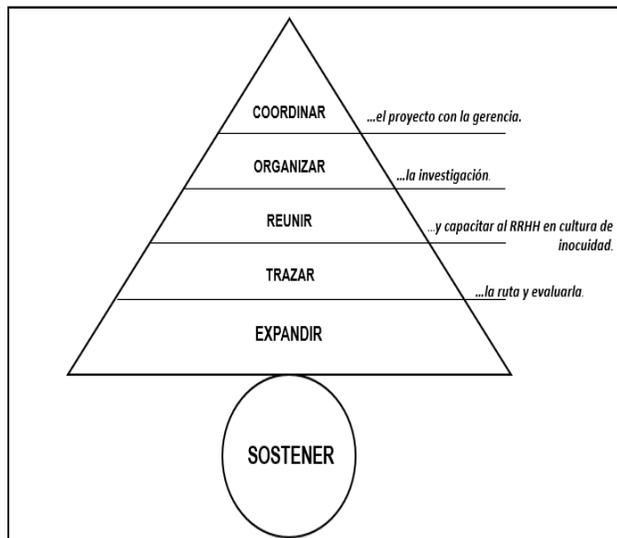


Figura 3. Pasos concretos para la implantación de un SGIA en pymes procesadoras de alimentos en Panamá.

## 5. Conclusión

Todos los actores del proceso son de vital importancia, ya que en una pyme, la influencia que unos a otros ejercen es crucial.

Una de las grandes fallas en la implantación de sistemas de gestión de inocuidad ha sido la falta de sensibilidad para con el personal, pues no se toma en cuenta el clima organizacional.

La capacitación debe ser de carácter permanente en las pymes de Panamá, sobre todo, con actividades lúdicas, así quedan mucho más claros los conceptos, ya que se basan en la cultura de inocuidad propia de la empresa.

Las capacitaciones lúdicas permitieron que el personal en la empresa de estudio estableciera nuevas relaciones con sus compañeros de labor, favoreciendo el cumplimiento de las Buenas prácticas de manufactura.

La falta de compromiso personal, deficiencia en las capacitaciones en materia de inocuidad y la falta de personal fueron los tres principales problemas que enfrentaron con el recurso humano en las pymes de alimentos encuestadas.

La triangulación metodológica como metodología de investigación facilitó el fortalecimiento de las conclusiones obtenidas en el estudio de caso, sobre todo en relación con el establecimiento de pasos concretos, enfocados a minimizar los principales inconvenientes que atraviesa el recurso humano, en las pymes de alimentos en Panamá.

## Agradecimiento

Se agradece a los encuestadores y representantes de las pymes en Panamá por su colaboración, especialmente a la profesora Onesis Vásquez D. L., quien coordinó las encuestas en Azuero.

Agradecimiento al programa Doctoral de Ingeniería de Proyectos de la UTP, pues durante este programa se desarrolló el presente estudio investigativo, periodo 2013-2018.

D.O.C. agradece a la Agencia Chilena para la Inocuidad Alimentaria por sus valiosos aportes e información compartida en el concepto de cultura de inocuidad.

## Referencias

- [1] F. Yiannas, "Cultura de Inocuidad Alimentaria, Microbiología de los Alimentos e Inocuidad Alimentaria." New York: Springer Science+Business Media LLC, 2009. <http://doi: 10.1007/978-0-387-72867-4>.
- [2] W. Tejedor, Y. Pitti, V. Guillén, "Caracterización de Empresas Agroindustriales Alimentarias de Panamá," Univ. Tecnológica de Panamá, Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales, pp. 81-94, 2013.
- [3] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (ONU), Sistemas de Calidad e Inocuidad De Los Alimentos – Manual De Capacitación, Roma, Grupo Editorial Dirección de Información de la FAO, 2002, ISBN 92-5-304115-3.
- [4] FAO/OMS, *Comité del Códex Alimentarius*, Normas Alimentarias, Textos Básicos sobre Higiene de los Alimentos, 2nd., Ed. Roma, Italia, 1997
- [5] M. Charalambus, P. Fryer, S. Panayides, M. Smith, "Implementation of Food Safety Management System in small Food businesses in Cyprus," Food Control, vol.57, pp.70-75, 2015. <http://doi:10.1016/j.foodcont.2015.04.004>
- [6] G. Dessler, Administración de Personal, 5ta ed., Ed. México: Pearson Prentice Hall, 2001.
- [7] C. Celaya, "Evaluación de la implementación del sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC) en las pequeñas industrias alimentarias de la comunidad de Madrid", Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Sep. 2004.
- [8] Código Sanitario. Ley 66, Gaceta Oficial 10467, Ministerio de Salud, República de Panamá, 10 de noviembre de 1947.
- [9] Decreto Ejecutivo 65, Gaceta Oficial 23563, Ministerio de Salud, República de Panamá, 9 de junio de 1997.
- [10] Decreto Ejecutivo 352, Gaceta Oficial 24411, Ministerio de Salud. República de Panamá, 10 de noviembre de 2001.
- [11] Decreto Ejecutivo 81, Gaceta Oficial 24774, Ministerio de Salud. República de Panamá, 31 de marzo de 2003.
- [12] Decreto Ejecutivo 1784, Gaceta Oficial 24774, Ministerio de Salud, República de Panamá, 31 de marzo de 2003.
- [13] Comisión Nacional Consultiva de Calidad e Inocuidad de Alimentos, Guía técnica de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), Procedimientos Operacionales Estándar de Saneamiento (POES), 2012.

- [14] D. Watson, S. Pandi, J. Husband, F. Tekelas, "BREXIT and the Implications of Food Safety Cultural Compliance in the Food Manufacturing Sector," *Acta Scientific Microbiology*, vol 1, pp. 54-62, 2018. <http://doi:10.31080/ASMI.2018.01.0039>.
- [15] ACHIPIA, Guía para el diseño, desarrollo y aplicación de los Procedimientos Operacionales Estandarizados (POE-SOP). PNI. Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria. Chile, 2018.
- [16] ACHIPIA, Guía para el diseño, desarrollo e implantación de los Procedimientos Operacionales Estandarizados de Sanitización (POES-SOP). PNI. Agencia Chilena para la Inocuidad y Calidad Alimentaria. Chile, 2018.
- [17] F. Yiannas, Food Safety = Behaviour. 30 técnicas probadas para mejorar el cumplimiento de los empleados, 2018.
- [18] R. Larsen, L. M. Morris, *An Introduction to Mathematical Statistics and its Applications*, 15th ed. Ed. New York, U.S.A.: Prentice Hall, 2017
- [19] Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2016) Página web Estadísticas. [Online]. Disponible en: [https://www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones\\_nacionales/direcci-n-de-agro-industrias/estad-sticas.html](https://www.mida.gob.pa/direcciones/direcciones_nacionales/direcci-n-de-agro-industrias/estad-sticas.html).
- [20] A. Holmes, B. Illoswky y S. Dean, *Introductory Business Statistics*, Houston: OpenStax, 2018.
- [21] J. Rositas, "Los tamaños de las muestras en encuestas de las ciencias sociales y su repercusión en la generación del conocimiento," *Innovaciones de Negocios*, vol. 11(22), pp 235 – 268, Nov. 2014.
- [22] T. Alzás, L. Casa, R. Luengo, J. Torres, S. Verissimo, "Revisión metodológica de la triangulación como estrategia de Investigación," *Investigación Cualitativa de Ciencias Sociales*, vol. 3, pp. 640-641, 2016.
- [23] E. Devaki, "Actividades Lúdicas en la Capacitación, Estudio realizado en una empresa dedicada a la venta de materiales de construcción y rediseño de interiores," Tesis. Universidad de Landívar, Guatemala, 2012.
- [24] Naciones Unidas, "Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU)," Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Nueva York pp. 89-95, 2009.
- [25] International Labour Office, "Training package on workplace risk assessment and management for small and médium-sized enterprises," Geneva, Switzerland, 2013

# Mejoras en la protección de distancia aplicado a fallas con contenido sub-armónicas en líneas de transmisión

Javier Antonio Comellys Checa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá,  
jcomellys@gmail.com  
DOI 10.33412/pri.v11.1.2533



**Resumen:** Las líneas de transmisión con compensación serie capacitiva tienen ventajas técnicas y económicas en los sistemas de Potencia, pero en el momento en que presenta un fenómeno transitorio, las protecciones de distancia se ven afectada en su desempeño, lo que puede originar disparos indeseados en la protección. En esta investigación, se compara el algoritmo de la transformada de *Fourier* con una variante del método de *Prony*, para así analizar su desempeño al momento de amortiguar frecuencias sub-armónica, durante una falla eléctrica en una línea de transmisión con compensación serie capacitiva. En esta investigación, se puede observar cómo se mejora la estimación de la impedancia de falla cuando se aplican fallas monofásicas, permitiendo que la protección de distancia mejore su selectividad, al momento de tomar la decisión del disparo. En este documento se analiza un sistema de 400 kV que se desarrolla con el Programa de Transitorio ATP y el análisis de procesamiento de señales se realiza con el lenguaje de programación de *Python* y *Matlab*.

**Palabras claves:** Compensación serie, procesamiento digital de señales, protección de distancia, método de Prony, algoritmos paramétricos, líneas de transmisión con compensación serie capacitiva (LTCSC).

**Title:** Improved distance protection applied to faults with sub-harmonic content in transmission lines.

**Abstract:** *Series compensated transmission lines bring technical and economic advantages for power systems. However, when transient events occur, the performance of distance protection is affected, which can cause undesired tripping in the protection. This study compared the Fourier transform algorithm with a variant of the Prony method, which allows attenuating sub-harmonic frequencies that are generated at the time of an electrical failure in series compensated transmission lines. It was observed how the estimation of the fault impedance was improved when single-phase faults were applied, allowing the distance protection to improve its selectivity at the moment of making the tripping decision. This study assessed a 400 kV system developed with the alternative transient program was, and the signal*

*processing was assessed using the Python and Matlab programming language.*

**Key words:** Series compensated, digital signal processing, distance protection, Prony method, parametric algorithm, transmission line with capacitive series compensation.

Tipo de artículo: Original

Fecha de recepción: 20 de septiembre de 2019

Fecha de aceptación: 23 de enero de 2020

## 1. Introducción

Los sistemas de potencia se encuentran en una constante evolución como consecuencia de la penetración de la energía renovable a gran escala, el incremento de la generación distribuida y la introducción de nuevas tecnologías que permiten optimizar la capacidad de las líneas de Transmisión. Todo esto conlleva a que las protecciones digitales se enfrenten a nuevos desafíos para mantener los criterios básicos en los sistemas de protecciones eléctricas, como lo es la confiabilidad, sensibilidad, selectividad y velocidad de la protección.

En este contexto, las Líneas de Transmisión con compensación serie capacitiva (LTCSC) han sido una alternativa técnica por mucho tiempo, para aumentar la capacidad de transmisión las Línea de una manera más económica [1,2]. Sin embargo, la presencia de capacitores series en la línea, tiene efectos adversos en los relevadores de protección ya que pueden causar una incorrecta operación en los elementos de distancia y direccional del relevador.

Los relevadores de distancia utilizados para proteger las líneas de transmisión supervisan los parámetros eléctricos de tensión y corriente para así estimar la impedancia de falla al momento en que se origina un transitorio en la línea protegida. Si la protección identifica que las fallas se encuentran dentro de su zona de alcance, el equipo genera el disparo de los interruptores de potencia para así despejar la falla. Si la falla se encuentra fuera del alcance del relevador, el equipo espera un tiempo para activarse y despejar la falla, actuando como una protección de respaldo.

Con el desarrollo de la tecnología, los relevadores digitales pueden analizar fenómenos transitorios originados en las redes eléctricas de una manera rápida y flexible, ya que se utilizan herramientas matemáticas, de procesamiento digital de señales para analizar las corrientes y tensiones que se generan durante un proceso transitorio. También se tiene la flexibilidad de desarrollar nuevos algoritmos de protección, que pueden trabajar para diferentes condiciones, dependiendo de las características y requerimiento del sistema.

La aplicación de la protección de distancia en líneas compensadas ha generado diferentes líneas de investigación, de forma tal que se han aplicado métodos matemáticos de clasificación de señales para identificar las bajas y altas frecuencias, igualmente se han generado herramientas de filtrado de señales, lo que ha permitido mejorar la capacidad del relevador

para distinguir entre una falla interna y otras condiciones que pueden ocurrir en el sistema.

Nuevas técnicas de procesamiento digital de señales son de gran interés para los investigadores ya que son la primera etapa que permite emular la señal analógica en forma digital, por tal motivo esta investigación propone una nueva herramienta de medición fasorial que puede ser utilizada en las protecciones de distancia, cuando se aplican a las LTCSC, esto como una nueva alternativa para amortiguar frecuencias que se encuentra debajo de la frecuencia fundamental

En la primera parte de este trabajo se presenta la protección de distancia aplicado a las líneas compensadas, luego se describe los métodos desarrollados para el procesamiento digital de la señal utilizando herramientas de medición fasorial y, por último, se analiza una nueva alternativa para superar los problemas de la protección de distancia cuando se originan frecuencias sub-armónica, producto de una falla transitoria en las LTCSC.

## 2. Protección de Distancia en LTCSC

El relevador de distancia ha sido utilizado desde hace mucho tiempo, para proteger líneas de transmisión de alta tensión ya que tiene la característica de ser selectiva para cubrir una zona determinada y además puede ser utilizada como una protección de respaldo. El relevador estima la impedancia de falla  $Z=U/I$  por medio de los parámetros medidos de tensión y corriente desde la ubicación del relevador para así compararlo con una impedancia de falla conocida o de ajuste [3]. Cuando la línea no se encuentra compensada, el alcance en la Zona 1 es normalmente el 80% de la línea de transmisión y el tiempo de actuación es instantáneo.

En el caso de una falla en el resto de la línea y las líneas adyacentes, se utiliza la Zona 2 y 3 de la protección, cuyo tiempo de activación es temporizado ya que se puede aplicar como una protección de respaldo para las líneas adyacentes de la línea principal a proteger.

Cuando se utiliza la protección de distancia en una LTCSC, se pueden producir problemas en la operación del relevador al momento en que se genera un transitorio en la línea. Algunos de estos problemas están relacionados con la inversión de tensión, la inversión de corriente y la generación de frecuencia de oscilación sub-armónicas [4]. Este último introduce errores en la estimación de la impedancia de falla debido a las oscilaciones que se generan al momento de calcularse su trayectoria, lo que provoca que se demore el disparo de la protección, tal como se observa en la figura 1.

### 2.1 Medición Fasorial en LTCSC

Actualmente, algunos investigadores trabajan en el desarrollo de nuevos algoritmos para el área de protecciones eléctricas, con el fin de afrontar los retos que se presentan cuando se protegen líneas compensadas. En [5,6] se presenta los avances que se han logrado en la protección de líneas con compensación serie capacitiva y las técnicas utilizadas para el procesamiento digital de la señal, como alternativa a la transformada de Fourier.

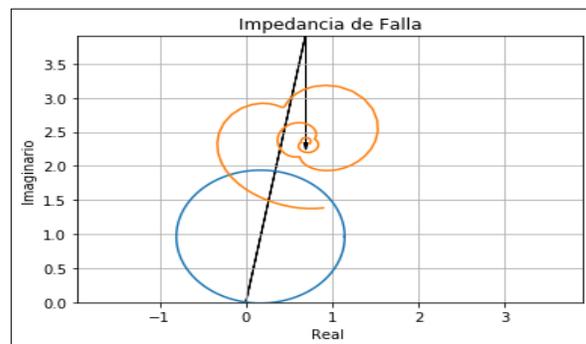


Figura 1. Impedancia vista por el relevador de distancia.

Igualmente, en estos trabajos se presenta otros métodos que permiten la identificación de las fallas utilizando técnicas de inteligencia artificial.

El desempeño de las protecciones en las líneas de transmisión compensadas cuando utilizan el algoritmo de la transformada discreta de fourier (DFT) fue modelado en [7] observándose como las componentes de corrientes subsíncronas provocan un retardo en la operación del relevador y adicionalmente con la probabilidad de que la trayectoria de la impedancia atravesase zonas de disparo incorrectas. En [8] se utiliza un analizador de redes transitorias (TNA) para el ajuste de relevadores en líneas con compensación serie capacitiva donde se puede comprobar la importancia de los filtros digitales para el buen desempeño de la protección.

También se han investigado otros métodos que permiten aumentar la resolución por medio del modelamiento de la señal, esto son los llamados métodos paramétricos, donde se aplica a señales cuyas frecuencias se encuentran espaciadamente muy cercanas. Entre ellos se encuentra el método de Prony, donde se puede obtener directamente el fasor de la señal de interés sin utilizar ninguna transformada. En [9] se reporta la utilización del Método de Prony, como técnica de filtrado para relevadores de distancias aplicado a líneas compensadas, observándose un tiempo de convergencia de hasta 1.75 ciclos en comparación con un filtro coseno que converge en 3.1 ciclo. En [10] se reporta el uso del Método de Prony como un nuevo método para detectar fallas de altas impedancias, basadas en la extracción de las componentes de la forma de onda de la corriente. El autor llega a la conclusión que este método, introduce una nueva forma para detectar fallas de alta impedancia, el cual puede ser utilizado para desbloquear el relevador de distancia. El algoritmo de Prony ha sido utilizado en [11] y [12] para extraer las características de la señal, en combinación con otros algoritmos de clasificación como las Wavelet y herramientas de aprendizaje [13], donde los resultados obtenidos para ubicar una falla en la línea son más exactos en comparación con otros algoritmos como el método de la onda viajera.

En [14] se mejora la técnica Prony-DFT para estimar y remover transitorios no deseados incluyendo las frecuencias subsíncronas y las componentes DC en las mediciones de tensión

y corriente. Con este algoritmo se obtiene una alta exactitud, pero requiere de un tiempo de 3 a 4 ciclos.

### 2.2 Estimación fasorial utilizando el Método de Prony.

La protección de distancia utiliza el fasor de la señal de tensión y corriente para estimar la impedancia de falla. El algoritmo de Fourier es utilizado por las protecciones para estimar los fasores de la señal, pero una de las alternativas que se puede utilizar para estimar los fasores es el método de Prony.

El método de Prony es un método determinístico que consiste en describir la señal como una suma de “p” exponenciales compleja. Una de las ventajas que tiene el método de Prony ante los modelos ARMA y AR, es que trata de ajustar la información del modelo en forma determinística y no estocásticamente como estos últimos. Otra de las ventajas de este método, es que nos permite tener una descripción física de la señal en términos de magnitud, fase, frecuencia y amortiguamiento. Este modelo se representa con la siguiente ecuación:

$$x(n) = \sum_{k=1}^p B_k \cdot z_k^n = - \sum_{k=1}^p a_k \cdot x(n-1) \quad \text{para } n \geq p \quad (1)$$

Las constantes complejas se definen como:

$$B_k = A_k \cdot e^{j\theta_k} \quad \text{y} \quad z_k = e^{(\alpha_k + j\Omega_k) \cdot T_s} \quad (2)$$

Donde  $T_s$  es el periodo de muestreo,  $A_k$  la amplitud de la  $k_{th}$  exponencial compleja,  $\alpha_k$  la constante de tiempo en segundos,  $\Omega_k$  la frecuencia angular en  $rad/s$ ,  $\theta_k$  el ángulo de fase,  $p$  el orden del modelo,  $x(n)$  son las muestras de la señal y  $a_k$  son los coeficientes del polinomio resultante de la ecuación. De la ecuación anterior se puede observar que el comportamiento de la señal puede ser descrito por un modelo de predicción lineal.

El método de Prony es también llamado método polinomial y su solución se reduce, de un problema no lineal a dos problemas lineales, con una operación no lineal de encontrar las raíces polinómicas. La implementación del método incluye los siguientes pasos:

- ✓ En el primer paso, se estiman los coeficientes del modelo de predicción lineal (LPM). La predicción lineal se representa en forma de matriz con las muestras ordenadas secuencialmente en el tiempo de la señal. Para obtener los coeficientes se puede aplicar algún método estimación de los parámetros AR (Covarianza, Burgs, Yule Walker etc.) o por medio de del método de descomposición de valores singulares.
- ✓ En el segundo paso se realiza la estimación de las raíces del polinomio asociados con el LPM del primer paso ( $z_k$ ). En este paso se estima la frecuencia y el factor de amortiguamiento.

- ✓ En el último paso, la magnitud y el ángulo de fase de la señal es resuelto con el método de mínimos cuadrados. En la siguiente imagen se puede observar el proceso que se utiliza para aplicar el método de Prony:

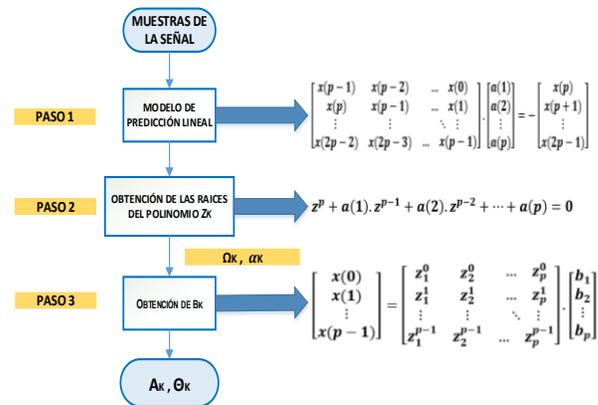


Figura 2. Pasos del método de Prony.

Dentro de los principales inconvenientes que se tienen con el método de Prony, es seleccionar correctamente el orden del modelo, ya que, si el orden del modelo es reducido, se obtiene un espectro muy suavizado, mientras que con un mayor orden se produce picos espurios. Otro de los problemas que se presenta con este método es cuando la señal contiene un ruido considerable ya que puede afectar la estimación del fasor.

### 3. Método de Prony Simplificado

Las señales de tensión y corriente pueden ser analizadas con el método de Prony ya que se puede obtener directamente el fasor de la señal y además puede ser utilizado como un método de filtrado para señales por debajo de la frecuencia fundamental. En [15] se utilizó el método de Prony con mínimos cuadrado, para así estimar los parámetros de la componente sinusoidal. Sin embargo, el método tiene como desventaja que requiere de una carga computacional alta, lo que aumenta el tiempo de procesamiento en un relevador de protección, principalmente cuando se deben obtener las raíces del polinomio característico.

En [16] se propone el método Wavelet-Prony, como una alternativa para mejorar la ubicación de falla.

Como el método de Prony se puede utilizar como una herramienta de filtrado para una determinada frecuencia, se procederá a estimar la impedancia de falla aplicando el método de una manera reducida. Para lograr esto, se supondrá a priori un rango de frecuencia cercana a la señal fundamental de corriente de forma tal que se pueda mejorar la estimación de la impedancia de falla al momento de calcular la trayectoria dentro de la característica Mho tal como se indica en “(3)”.

$$z_p = [e^{(1 \pm j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_1) \cdot T_s} \quad e^{(1 \pm j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f_2) \cdot T_s}] \quad (3)$$

Luego se procede a evaluar el fasor de la señal de corriente por medio de la siguiente formulación matricial:

$$\begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ \vdots \\ x(p-1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_1^0 & z_2^0 & \dots & z_p^0 \\ z_1^1 & z_2^1 & \dots & z_p^1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_1^{p-1} & z_2^{p-1} & \dots & z_p^{p-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix} \quad (4)$$

Una vez que se obtiene la pseudo-inversa de  $z_p$  y los valores de  $b_p$  se puede estimar de manera directa la amplitud y ángulo del fasor de la impedancia de falla (3).

Para el caso de fallas que se encuentren cercanas al banco de capacitores se supondrá que las protecciones del banco de capacitores actuarán en forma instantánea para proteger al banco de capacitores de forma tal que desaparece el efecto capacitivo en serie con la línea.

#### 4. Modelo de prueba del sistema a analizar

Para evaluar el desempeño del método, se procede a analizar un sistema de 400 kV a una frecuencia nominal de 50Hz. El sistema comprende de dos líneas de transmisión, una de 300 km y la segunda de 150 km. Los parámetros de ambas líneas son las siguientes:

Tabla 1. Características de la línea de transmisión.

|       |                |                 |
|-------|----------------|-----------------|
| $z_1$ | 0.0267+j0.3142 | [ $\Omega$ /Km] |
| $z_0$ | 0.275+j1.0264  | [ $\Omega$ /Km] |
| $c_1$ | 0.013          | [ $\mu$ F/Km]   |
| $c_0$ | 0.0085         | [ $\mu$ F/Km]   |

En la figura 3, se presenta el diagrama unifilar del sistema modelado, desarrollado en el programa de transitorios ATP:

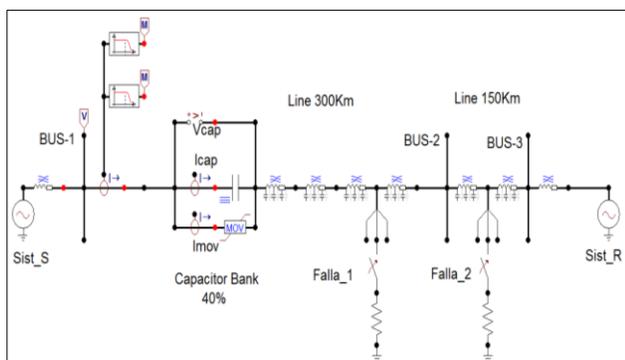


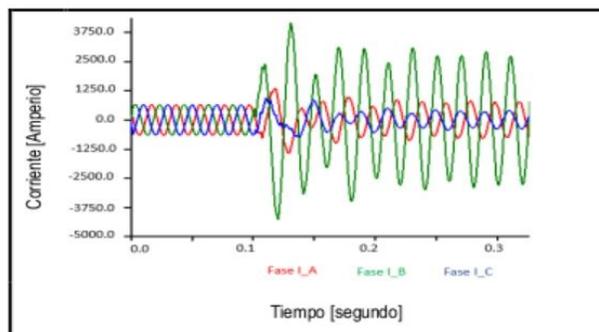
Figura 3. Diagrama Unifilar del sistema de 400kV en ATP.

El modelo comprende un banco de capacitores con una compensación serie del 60% de la inductancia de línea de transmisión. Durante la simulación, se generan fallas de fase a tierra a una distancia de 80% de la línea de transmisión entre el bus 1 y bus 2 y fallas al 110% ubicado en la línea adyacente entre el bus 2 y bus 3. Los datos generados de cada una de las fallas se procesan utilizando el nuevo método de Prony y se compara con el algoritmo de Fourier.

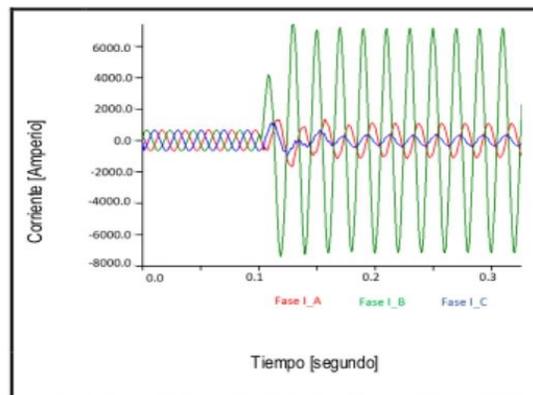
#### 5. Pruebas y Resultados

En esta sección se analizará el desempeño del algoritmo aquí propuesto. La protección de distancia en la figura 3 se ubica en el Bus 1, y se ajusta para que la Zona 1 cubra el 80% de la línea 1 y la Zona 2 se ajusta al 100% de la línea 1 más 20% de la siguiente línea. Para este estudio se genera fallas monofásicas en medio de la línea de transmisión y al final de la línea y se considera que la línea se encuentra compensada a un 60% de la inductancia de la línea por medio de un banco de capacitores.

Cuando se realizan fallas a la mitad de la línea de transmisión y al final de la línea, se puede observar que en este último caso la frecuencia sub-armónica tiene un mayor impacto en la forma de onda figura 4 (a), por tal motivo se considera este caso para ser analizado con el nuevo método.



(a)



(b)

Figura 4. Falla monofásica a) A inicio de la línea de transmisión de (150 km), b) En medio de la línea de transmisión 300 km.

El proceso de adquisición de los datos de corriente y tensión de falla se obtiene con el programa ATP, luego se procede a realizar la conversión análogo-digital a una tasa de muestreo de 1600Hz para así analizar el fasor de la señal aplicando las herramientas de Fourier y el método de Prony tal como se indica en la figura 5.

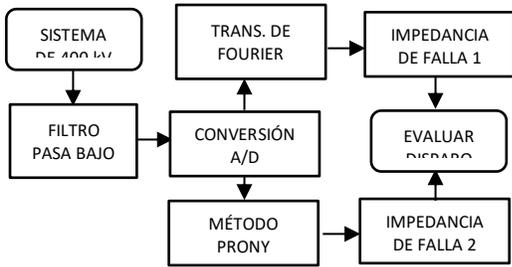
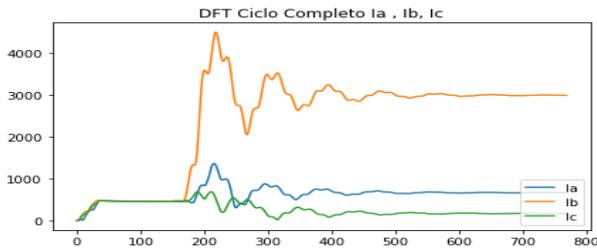
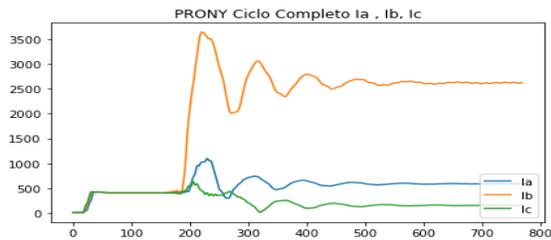


Figura 5. Etapas de procesamiento de la señal de tensión y corriente.

Durante las simulaciones se puede observar que las fallas que se generan en el extremo de la línea de trasmisión y están lejanas al banco de capacitores, pueden originar señales por debajo de la frecuencia fundamental lo que provoca que la protección de distancia inicie un disparo en la Zona 1, a pesar de que el origen de la falla está en la Zona 2. En la figura 6 (a) se puede observar que la señal de corriente de falla, aplicando la DFT, muestra valores por encima de 4kA y la señal de corriente está distorsionada. Al aplicar el nuevo método de Prony figura 6 (b) la oscilación en amplitud de corriente se reduce a 3.5kA y la forma de la señal se observa amortiguada.



(a)



(b)

Figura 6. Señal de corriente utilizando a) DFT, b) Método de Prony.

En la figura 7 se puede observar, como la trayectoria de la impedancia de falla pasa por la Zona 1 cuando se estima la impedancia con la DFT, lo que origina un disparo instantáneo.

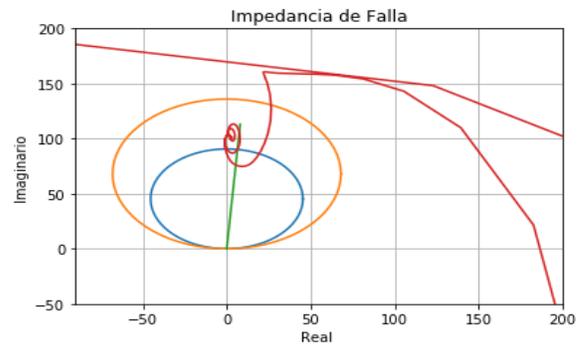


Figura 7. Trayectoria de la Impedancia de Falla utilizando la DFT.

En la figura 8 se puede observar la trayectoria de la impedancia de falla cuando se aplica el método de Prony mejorado.

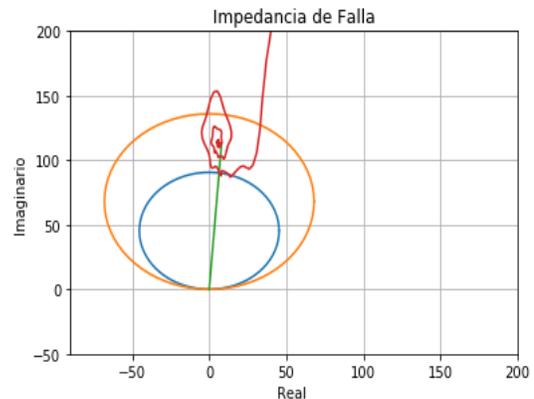


Figura 8. Trayectoria de la Impedancia de Falla utilizando el Método de Prony.

En este último caso, la trayectoria de la impedancia de falla se mantiene en la Zona 2, ubicando la falla en el lugar donde se origina la falla sin pasar por la Zona 1 de disparo instantáneo.

## 6. Conclusión

En esta investigación se desarrolla un modelo que incluye una línea de transmisión, un banco de capacitores con sus elementos de protección. El modelo desarrollado en ATP, se utiliza para simular fallas de fase a tierra y así analizar y procesar las señales de tensión y corriente con el algoritmo de Prony en su forma reducida.

Durante la simulación se pudo observar que las señales de corrientes pueden presentar oscilaciones por debajo de la frecuencia fundamental, especialmente cuando las fallas se

encuentran al final de la línea de transmisión, lejos del capacitor serie. En el caso de que la falla se encuentre cercano al banco de capacitores, la protección MOV actúa, lo que provoca una distorsión en los puntos máximos de la forma de onda de tensión y corriente, pero no se observa oscilaciones sub-armónicas, por lo tanto, este estudio solo considera fallas lejanas al banco de capacitores que es cuando hay una mayor probabilidad de que se generen oscilaciones por debajo de la frecuencia fundamental.

En esta investigación se desarrolla un nuevo método que permite obtener la magnitud y ángulo del fasor de corriente y tensión por medio de la herramienta de Prony en su forma reducida. EL método de Prony, en su forma reducida, puede ser aplicado en la protección de distancia ya que se disminuye la cantidad de operaciones matemáticas que se deben realizar en comparación con el método de Prony original.

Se realiza una comparación entre el algoritmo de Fourier y el nuevo método de Prony observándose que este último logra amortiguar la señal sub-armónica, estabilizando la señal de corriente de una manera más rápida, de igual forma las señales que se obtiene con el nuevo método tiene una forma más suavizada en comparación con el algoritmo de Fourier.

Por último, se pudo comprobar que con el nuevo método la trayectoria de la impedancia de falla en la característica Mho no cruza la zona 1 de disparo instantáneo a pesar de que el origen de la falla se encuentra en la zona 2 de disparo, actuando correctamente la protección, por lo tanto, el nuevo método mejora la confiabilidad de la protección.

## Referencias

- [1] L. Kirschner, M. Correia, J. Eduardo, C. Fernandes, R. Miinchmeier, and I. Introduction, "Benefits and Design Aspects of Sao Sao Joao do Piaui 500 kV Series Capacitors," pp. 1–5, 2008.
- [2] G. Corpuz, K. Koellner, J. Bell, S. Rajan, A. Somani, and M. Thompson, "Series-compensated line protection challenges in the CREZ region," in 2014 67th Annual Conference for Protective Relay Engineers, 2014, pp. 664–675.
- [3] L. Kirschner, M. Correia, J. Eduardo, C. Fernandes, R. Miinchmeier, and I. Introduction, "Benefits and Design Aspects of Sao Sao Joao do Piaui 500 kV Series Capacitors," pp. 1–5, 2008.
- [4] G. Ziegler, Numerical Distance Protection: Principles and Applications. Wiley, 2006.
- [5] H. J. Altuve, J. B. Mooney, and G. E. Alexander, "Advances in series-compensated line protection," in 2009 62nd Annual Conference for Protective Relay Engineers, 2009, pp. 263–275.
- [6] B. Vyas, R. P. Maheshwari, and B. Das, "Protection of series compensated transmission line: Issues and state of art," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 107, pp. 93–108, Feb. 2014.
- [7] C. S. Yu, J. Z. Yang, and C. W. Liu, "New Fourier filter design for fault current filtering of series compensated lines," *Int. J. Power Energy Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 203–210, 2008.
- [8] E. Orduña, D. G. Colome, G. D. Guidi, G. Ratta, O. M. Torres, and J. S. Ulloa, "Behavior of the Digital Fourier Transform as Numerical filter in Distance Protection of Series Compensated Transmission Lines. Simulations With a Real Transmission System," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 10, no. 5, pp. 2080–2087, Sep. 2012.
- [9] O. Trad, G. Ratta, and M. Torres, "Experiences in Setting Protection of Series Capacitor Compensated Lines," *Proceedings of the International Conference on Power System Transients (IPST01)*, pp. 1-6, June 2001.
- [10] L. A. Trujillo G, A. Conde E, and Z. Leonowicz, "Application of the Prony method for compensation of errors in distance relays," in *2013 12th International Conference on Environment and Electrical Engineering*, 2013, pp. 568–572.
- [11] Abilash Thakallapelli, Veermata Jijabai Technological Institute, "Detection of High Impedance Faults by Distance Relays using Prony's Method", *International Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)*, 2012.
- [12] M. Farshad and J. Sadeh, "Transmission line fault location using hybrid wavelet-Prony method and relief algorithm," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 61, pp. 127–136, Oct. 2014.
- [13] M. M. Tawfik and M. M. Morcos, "ANN-based techniques for estimating fault location on transmission lines using Prony method," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 16, no. 2, pp. 219–224, Apr. 2001.
- [14] T. P. S. Bains and M. R. Dadash Zadeh, "Enhanced Phasor Estimation Technique for Fault Location in Series-Compensated Lines," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 30, no. 4, pp. 2058–2060, Aug. 2015.
- [15] Zygarelicki J, Mroczka J, "Variable-frequency Prony method in the analysis of electrical power quality," *Metrology and Measurement Systems*, 2012 vol: 19 (1) pp: 39-48.
- [16] Farshad M, Sadeh J, "Transmission line fault location using hybrid wavelet-Prony method and relief algorithm," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 2014 vol: 61 pp: 127-136

# Hypatia de Alejandría: científica, matemática y astrónoma

Dra. Aránzazu Berbey-Álvarez , Armando

Pinillo 

Universidad Tecnológica de Panamá.

{aranzazu.berbey, armando.pinillo}@utp.ac.pa

DOI 10.33412/pri.v11.1.2535



**Resumen:** Hypatia de Alejandría es considerada la primera mujer científica y matemática de la historia. Dotada de una gran belleza, se dedicó también a un exhaustivo cuidado de su cuerpo, mediante una rutina física diaria que le permitía mantener un cuerpo saludable, así como una mente activa. Su carácter singular de mujer entregada al pensamiento y a la enseñanza le valió el aprecio general. Ella educó a una selecta escuela de aristócratas que ocuparon altos cargos. Pese a sus notables cualidades físicas e intelectuales, rechazó casarse, a fin de entregarse por completo a la ciencia.

**Palabras clave:** Egipto, científica, astrónoma, matemática, filosofía.

**Title:** Hypatia of Alexandria: scientist, mathematician and astronomer

**Abstract:** Hypatia of Alexandria is considered the first female scientist and mathematician in history. Endowed with great beauty, she also dedicated herself to an exhaustive care of her body, through a daily physical routine that allowed her to maintain a healthy body, as well as an active mind. Her unique character as a woman devoted to thought and teaching earned her general appreciation. He educated a select school of aristocrats who held high positions. Despite his remarkable physical and intellectual qualities, he refused to marry, in order to give himself entirely to science.

**Key Word:** Egypt, scientist, astronomer, mathematics, philosophy.

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 10 de enero de 2020

Fecha de aceptación: 30 de enero de 2020



Figura 1. Hypatia de Alejandría[1][2]

## Su vida

Nació alrededor del año 370 D.C. [3] en Alejandría, esta ciudad fundada por el gran conquistador Alejandro Magno[4]. Hypatia de Alejandría cultivó varias disciplinas, tales como: la filosofía, las matemáticas, la astronomía y la música. Hypatia trabajó gran parte de su vida en la célebre Biblioteca de Alejandría. Su padre, el filósofo, matemático y astrónomo Teón de Alejandría [5], fue profesor y trabajaba en el Museo, el cual fue fundado por Ptolomeo I, soberano de Egipto, que tenía más de cien profesores e Hypatia estudió con ellos y formó parte de él hasta su muerte. Hypatia de Alejandría es considerada la primera mujer científica y matemática de la historia[6]–[11][12][13] En aquella época, el Museo de Alejandría era una auténtica universidad a la que asistían alumnos ansiosos de instruirse en las ciencias y la filosofía[13]. Hypatia de Alejandría obtuvo la cátedra de filosofía platónica y llegó a dirigirlo alrededor del año 400[14]. Ella educó a una selecta escuela de aristócratas que ocuparon altos cargos. Pese a sus notables cualidades físicas e intelectuales, rechazó casarse, a fin de entregarse por completo a la ciencia [23].

Lamentablemente, todas sus obras se han perdido, y las numerosas referencias que existen se debe fundamentalmente a la labor de sus discípulos, entre estos destaca Sinesio de Cirene (Hesiquio de Alejandría), apodado el hebreo.

## Sus aportes

Presentamos las aportaciones de Hypatia:

- Comentario a la *Aritmética* en 14 libros de Diofanto de Alejandría[13][15][16]. Documento que trata de las soluciones de ecuación algebraica y sobre la teoría de números.
- Canon astronómico[17].
- Comentario a las *Secciones cónicas* de Apolonio de Perge, su obra más importante[13][16][18]. Documento que trata de las curvas que surgen al cortar un cono ante planos de distintas inclinaciones.
- Escribió un canon sobre Astronomía y realizó una revisión de las tablas astronómicas del astrónomo Claudio Tolomeo, conocida por su inclusión en el *Canon astronómico* de Hesiquio. Adicionalmente, Hypatia cartografió diversos cuerpos celestes, confeccionando un planisferio.
- En conjunto con su padre Teón de Alejandría [5], realiza la revisión, mejora y edición los *Elementos* de la Geometría de Euclides[16] [19] cuya edición es la que aún se emplea en nuestros días[12].
- Hypatia también escribió comentarios sobre el *Almagesto*, el canon astronómico de Ptolomeo, que contenía sus numerosas observaciones de las estrellas[20].

Además, Hypatia llegó a aprender el funcionamiento y la construcción del Astrolabio. En las Cartas de Sinesio, su discípulo, están incluidos sus diseños para varios instrumentos, incluyendo un astrolabio plano, que nos sirve para medir la posición de las estrellas, los planetas y el Sol. Ella trabajó con su padre, el astrónomo Teón, para hacer correcciones en el *Almagesto* de Ptolomeo y construir un astrolabio[21].

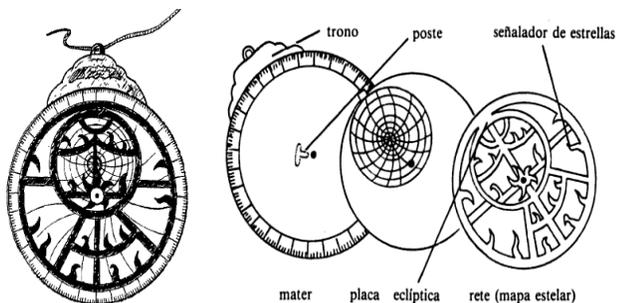


Figura 2. Astrolabio[22]

## Roma

Hypatia era una persona muy influyente en la administración romana de la época. Hypatia de Alejandría era poseedora de un carácter tolerante y no discriminaba ningún tipo de alumno. Hypatia tuvo estudiantes tan destacados como el obispo Sinesio de Cirene y Orestes, quien años más tarde llegó a ser el prefecto romano de la provincia de Egipto[23].

Las relaciones entre el poder eclesiástico cristiano y el poder civil romano se habían tensado hasta los extremos. Hypatia reunía la doble condición de pagana y próxima al prefecto Orestes, lo que no podía menos que concitar el odio del patriarca Cirilo[24]. El asesinato de Hypatia ocurrió en el año 415 cuando esta fue asaltada en su carruaje. Una horda de fanáticos salvajes, la desnudó, la violaron y la arrastraron por la ciudad hasta llegar al Cesáreo, la catedral de Alejandría, donde la golpearon con tejas y conchas hasta conseguir matarla para después descuartizarla, pasear sus restos por la ciudad y finalmente quemarlos.

Su fidelidad al paganismo en el momento de auge del cristianismo como nueva religión del Estado, fue la causa de su muerte a manos de una horda de alocados cristianos fanáticos. Su asesinato a manos de salvajes se produjo en el marco de la hostilidad cristiana hacia el declinante paganismo, cuando apenas contaba con 45 o 50 años de vida aproximadamente[24]. La muerte de Hypatia levantó un gran revuelo. El asesinato de esta brillante mujer fue un crimen oprobioso para los cristianos[25]. El prefecto Orestes informó de los hechos a Constantinopla pero el obispo Cirilo salió prácticamente indemne de los hechos.

## El final de su vida

Lamentablemente, Hypatia de Alejandría fue asesinada en un crimen con tintes conspirativo, como consecuencia de la antigua pelea entre la ciencia y la religión[4]. Hypatia formaba parte de la escuela del pensamiento griego llamada Neoplatónica: el racionalismo científico de esta escuela iba en contra de las creencias doctrinarias de la dominante religión cristiana[20]. Precisamente como uno de los motivos del asesinato de Hypatia a manos de una horda de fanáticos cristianos fue la influencia y las buenas relaciones de Hypatia con Orestes, el prefecto de la ciudad de Alejandría, que años antes había sido objeto de un ataque callejero por parte de fanáticos cristianos, uno de los cuales lo había herido en la cabeza con una piedra.

## Referencias

- [1] Arte & Subastas, "¿Quiénes se esconden tras los personajes de la escuela de Atenas?," *arte*, 2018. [Online]. Available: <https://www.artesubastas.es/personajes-escuela-atenas/#5-hipatia>. [Accessed: 06-Apr-2020].
- [2] Wikipedia, "La escuela de Atenas," *La escuela de Atenas*, 2020. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/La\\_escuela\\_de\\_Atenas](https://es.wikipedia.org/wiki/La_escuela_de_Atenas). [Accessed: 06-Apr-2020].
- [3] Adriana Larramendi General Villegas, "Hipatia: filósofa y científica," *Formación IB*, 2019. [Online]. Available: <http://formacionib.org/noticias/?Hipatia-filosofa-y-cientifica>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [4] Bosque de Fantasías, "Hipatia de Alejandría," *Bosque de Fantasías*, 2019. [Online]. Available: lo que fue un conjunto de ciudades fundadas por el gran conquistador Alejandro Magno. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [5] Instituto de Tecnologías de detección y astroparticulas, "Hypatia de Alejandría," 2015. [Online]. Available: <http://itedamza.frm.utn.edu.ar/?p=7169>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [6] M. Alic, "El legado de Hipatia. Historia de las mujeres en la ciencia desde la Antigüedad hasta fines del siglo XIX." Siglo XXI de España

- Editores, España, 2005.
- [7] M. J. Casado, "Las damas del laboratorio: Mujeres científicas en la historia. Debate." 2006.
- [8] M. Dzielska, "Hipatia de Alejandría." Siruela, 2009.
- [9] N. Copérnico, "De les revolucions dels orbes celestes." Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, España, 2000.
- [10] G. Fernández., "La muerte de Hipatia. Erytheia." pp. 269–282, 1985.
- [11] C. Martínez Maza, "Hipatia. La estremecedora historia de la última gran filósofa de la Antigüedad y la fascinante ciudad de Alejandría. La esfera de los libros." 2009.
- [12] Rosa M. Dominguez Quintero, "Hypatia de Alejandría, la primera mujer astronoma." *Periodico El pais*, Cantabria ,España, 2009.
- [13] E. Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, "Biografía de Hipatia. En Biografías y Vidas.," *La enciclopedia biográfica en línea.*, 2004. [Online]. Available: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/hipatia.htm> . [Accessed: 11-Mar-2020].
- [14] Geocaching, "4. Muchas mujeres y un hombre. Hipatia de Alejandría," *Geocaching*, 2018. .
- [15] Danielle Williams, "The Life and Legacy of Hypatia," 2004. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20080103154248/http://hem.bredband.net/b153434/Works/Hypatia.htm>. [Accessed: 05-Mar-2020].
- [16] Consejo de Mujeres profesionales de la industria de la construcción, "Hipatia de Alejandría: una de las mejores mentes matemáticas de su tiempo," 2008. [Online]. Available: <http://cmpic.com.mx/hipatia-de-alejandria-una-de-las-mejores-mentes-matematicas-de-su-tiempo/>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [17] B. J. Whitfield, "The Beauty of Reasoning : A Reexamination of Hypatia of Alexandra The death of Hypatia has been used for polemical ends.," *Math. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 14–21, 1990.
- [18] Chris Marvin, "Hypatia," *The window on internet. Philosophers*, 2000. [Online]. Available: <https://web.archive.org/web/20071107015319/http://www.trincoll.edu/depts/phil/philo/phils/hypatia.html>. [Accessed: 05-Mar-2020].
- [19] Grout james, "Hypatia," *Encyclopædia Romana*. [Online]. Available: [http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia\\_romana/greece/paganism/hypatia.html](http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia_romana/greece/paganism/hypatia.html). [Accessed: 05-Mar-2020].
- [20] E. S. Montoya, "Hypatia ( Ὑπατία ) of Alexandria Hypatia de Alejandría," *Lámpsakos*, no. 4, pp. 53–57, 2010.
- [21] F. Wikipedia, "Astrolabio," *Fundacion wikipedia*, 2020. [Online]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Astrolabio>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [22] A. Salvador-Alcaide and María Molero-Aparicio, "Hipatia: Su obra," *Historia de las matemáticas. Centro virtual de divulgación de Matemáticas.*, 2020. [Online]. Available: <https://virtual.uptc.edu.co/ova/estadistica/docs/autores/pag/mat/Hipatia3.asp.htm>. [Accessed: 06-Apr-2020].
- [23] María Santiago, "Biografía de Hipatia de Alejandría," *Red Historia*, 2020. [Online]. Available: <https://redhistoria.com/biografia-de-hipatia-de-alejandria/>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [24] National geographic, "LA ÚLTIMA FILÓSOFA GRIEGA hipatia, la científica de alejandría," *Historia*, 2016. [Online]. Available: [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hipatia-cientifica-alejandria\\_9797](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/hipatia-cientifica-alejandria_9797). [Accessed: 30-Mar-2020].
- [25] Jaime Escobar Morales, "Biografía de Hipatia de Alejandría," *Científicos y astrónomos notables Científicos y astrónomos destacables por su contribución a conocer el universo*, 2020. [Online]. Available: <https://astrojem.com/mujeres/hipatia.html>. [Accessed: 30-Mar-2020].

# Dr. Carlos Juan Finlay: médico y científico cubano.

Dra. Aránzazu Berbey Álvarez ; Armando Pinillo 

Universidad Tecnológica de Panamá.  
{aranzazu.berbey; armando.pinillo}@utp.ac.pa  
DOI 10.33412/pr.v11.1.2538



**Resumen:** Finlay descubrió y describió la importancia del vector biológico a través de la teoría metaxénica de la transmisión de enfermedades por agentes biológicos, aplicándola a la fiebre amarilla transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*[1] siendo el primero en teorizar sobre la transmisión de enfermedades a través de mosquitos. Gracias al descubrimiento de doctor Carlos Finlay, otro reconocido doctor, William Gorgas, implementó en Panamá los principios indicados por Finlay para las bases sanitarias por Finlay, como medida de protección de la salud pública de los trabajadores, lo que permitió el éxito de la construcción del Canal de Panamá, gran obra de la ingeniería del siglo XX, pues antes de esto enfermedades como la fiebre amarilla y la malaria habían acabado con la vida de personas que trabajaban en su construcción.

**Palabras clave:** mosquito, medico, *Aedes aegypti*, fiebre amarilla.

**Title:** Carlos Juan Finlay: Cuban doctor and scientist.

**Abstract:** Finlay discovered and described the importance of the biological vector through the metaxenic theory of the transmission of diseases by biological agents, applying it to the yellow fever transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito being the first to theorize on the transmission of diseases through mosquitoes. As a consequence of the discovery of Dr. Carlos Finlay, another renowned doctor, William Gorgas, implemented in Panama the principles indicated by Finlay for the sanitary bases. It was a measure of protection of the public health of Panama Canal workers, which allowed the success of the construction of the Panama Canal, a great work of engineering of the 20th century, before of this great discovery of Finlay, the yellow fever and malaria had killed the people who worked in its construction.

**Key word:** mosquito, medical, *Aedes aegypti*, yellow fever

Tipo de artículo: histórico

Fecha de recepción: 15 de enero de 2020

Fecha de aceptación: 30 de enero de 2020



Figura 1. Carlos Juan Finlay[10]

## Familia

El Dr. Carlos Finlay (1833 –1915) fue un médico y científico cubano. Nacido el 3 de diciembre de 1833 Camagüey, cuando la isla de Cuba todavía era propiedad de la corona española, sus padres fueron el médico escocés Edward Finlay Wilson, cirujano oculista, y la trinitense de origen bretón(Francia), Marie de Barrés de Molard Tardy de Montravel[1][2][3].

## Sus inicios

Carlos Finlay, hizo sus estudios secundarios en Rouen, Francia y se graduó como Doctor en Medicina en el año 1855 en el Jefferson Medical College de Filadelfia en Estados Unidos de América[4][5]. Finlay incorporó su título a la Universidad de La Habana en el año 1857[6]. Este científico-epidemiólogo fue quien descubrió que la fiebre amarilla se transmite de mosquitos infectados a humanos sanos. Finlay descubrió y describió la importancia del vector biológico a través de la teoría metaxénica de la transmisión de enfermedades por agentes biológicos, aplicándola a la fiebre amarilla transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*[1] [7], [8]. Aunque, el Dr. Finlay publicó la evidencia experimental de este descubrimiento en 1886, sus ideas fueron ignoradas durante 20 años[1][9].

En 1881 Finlay presentó su teoría[2][1] a la Academia de la ciencia de la Habana mediante el artículo titulado: "*The Mosquito hypothetically Considered as the Agent of Transmission of Yellow Fever.*"[11][12]. En este artículo, primero afirmó la hipótesis de que el mosquito *Culex fasciatus*, actualmente llamado *Aedes aegypti*, es el agente que transmite la fiebre amarilla. Sin embargo, esta tesis también fue desdeñada por los académicos. Los compañeros de Finlay lo consideraban fantasioso, pero en realidad era demasiado revolucionario para los científicos. En ese momento, de hecho, la idea de los insectos vectores de

enfermedades en sí misma todavía estaba por delante de sus tiempos[11].

### Recorrido por el Canal de Panamá

Como consecuencia de la gran cantidad de muertes por la terrible enfermedad de la fiebre amarilla durante las guerras de EE.UU. con el Reino de España a finales del siglo XIX, los médicos del ejército de Estados Unidos de América empezaron a indagar sobre esta enfermedad. Por este motivo el médico norteamericano, Walter Reed, fue enviado a Cuba. Carlos Finlay, compartió sus ideas, sus publicaciones, y una muestra de huevos de mosquito con el ejército de los EE. UU específicamente con la Comisión de la fiebre amarilla. Esta comisión, la cual estaba encabezada por encabezada por el médico Walter Reed, utilizó voluntarios humanos para confirmar la teoría de Finlay. Luego, William Gorgas adoptó medidas de control de mosquitos en su programa de saneamiento en Cuba y, dentro de un período de 6 meses, la fiebre amarilla fue controlada por primera vez en La Habana (Cuba)[13] y así fue como Carlos Juan Finlay reivindicó su teoría y reputación. En 1905 la fiebre amarilla quedó erradicada de la Habana y en 1909 de toda Cuba[5]. No solo se logró la ratificación de la teoría de Carlos Finlay, sino que sus recomendaciones fueron aplicadas para que La Habana fuera la primera ciudad del mundo en erradicar la fiebre amarilla. Por supuesto, los norteamericanos, hicieron lo suyo con el objetivo inmediato, que sería Panamá.

Fue el mismo William C. Gorgas quien implementó en Panamá los principios indicados por el doctor Carlos Finlay, y de esta manera se cimentaron las bases sanitarias y de higiene para proteger a la masa de trabajadores de los embates de la fiebre amarilla y del paludismo[2], gracias a lo que se pudo seguir con la construcción del Canal de Panamá, lo cual permitió sin duda terminar con éxito esa gran obra de ingeniería del siglo XX[4], pues antes la fiebre amarilla y la malaria habían matado a miles de personas que trabajaban en su construcción[14].



Figura 2. *Aedes aegypti*[15]

Una placa en el propio Canal de Panamá reconoce la contribución del doctor Carlos J. Finlay en el éxito de esta magna obra[2], [7]. El 15 de agosto de 1914 pasó el primer barco del Océano Atlántico al Océano Pacífico a través del canal, el vapor Ancón.

### Su vida final

Carlos Finlay murió el 20 de agosto de 1915 en La Habana, a la edad de 82 años[13], [16]. William Gorgas, el Cirujano General del Ejército de los EE. UU. (Y la persona que dirigió la erradicación del *Aedes aegypti* de Cuba y la región del Canal de Panamá) dijo en la 43ª Reunión Anual de la Asociación Estadounidense de Salud Pública que "Ningún país tiene una deuda mayor de gratitud al doctor Finlay que los Estados Unidos de América"[12][17].

### Referencias

- [1] B. Mundo, "¿Qué hace el científico cubano Carlos Finlay en el 'doodle' de Google?," *Salud*, 2013. [Online]. Available: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131203\\_salud\\_carlos\\_finlay\\_google\\_gtg](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/12/131203_salud_carlos_finlay_google_gtg). [Accessed: 30-Mar-2020].
- [2] Hector Montes Dantes, "Dr . Carlos J . Finlay ( 1833-1915 ): a 100 años de su muerte," *Salud Publica Mex.*, vol. 57, no. 5, 2015.
- [3] P. Alarcón-Elbal and L. Diéguez-Fernández., "Carlos J. Finlay: breve colección de apuntes y reflexiones sobre su vida, obra y legado. Personajes ilustres de la salud.," *Rev. Salud Jalisco. Número Espec.*, vol. 5, pp. 116–119, Sep. 2018.
- [4] "Carlos Juan Finlay y Barres (1833-1915)," *Neurol. Neurosurg. psychiatry*, vol. 65, no. 2, 2020.
- [5] JJ Noguera, "Carlos Finlay, oftalmológico y microbiológico. Puerto Príncipe (Cuba), 1833 — La Habana, 1915," *ARCH SOC ESP OFTALMOL*, vol. 81, pp. 489–490, 2006.
- [6] V. Seguro, "Carlos Finlay," *Viajar seguro*, 2015. [Online]. Available: [http://fundacionio.org/viajar/formacion/exploradores/carlos\\_finlay.html](http://fundacionio.org/viajar/formacion/exploradores/carlos_finlay.html). [Accessed: 30-Mar-2020].
- [7] Wikipedia, "Carlos Juan Finlay," 2020. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Carlos\\_Juan\\_Finlay](https://es.wikipedia.org/wiki/Carlos_Juan_Finlay). [Accessed: 30-Mar-2020].
- [8] B. Fortney, "Dr Carlos Juan Finlay," *Find a graves*, 2006. [Online]. Available: <https://es.findagrave.com/memorial/15578067>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [9] The Editors of Encyclopaedia Britannica, "Carlos J. Finlay," *Article History*, 2020. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/biography/Carlos-J-Finlay>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [10] Alejandro Alfredo Aguirre Flores, "Precursores de la Medicina Latinoamericana (Parte V. CARLOS FINLAY)." 2019.
- [11] MILITARY MEDICINE, "Biography of Dr . Carlos Juan Finlay," *Mil. Med.*, vol. 166, no. 1: 005, p. 2001, 2001.
- [12] W. J. Faerstein, Eduardo; Winkelstein, "Carlos Juan Finlay: Rejected, Respected, and Right," *Epidemiology*, 2010. [Online]. Available: [https://journals.lww.com/epidem/fulltext/2010/01000/Carlos\\_Juan\\_Finlay\\_\\_Rejected,\\_Respected,\\_and\\_Right.28.aspx](https://journals.lww.com/epidem/fulltext/2010/01000/Carlos_Juan_Finlay__Rejected,_Respected,_and_Right.28.aspx). [Accessed: 30-Mar-2020].
- [13] G. E. Chaves-carballo, "Carlos Finlay and Yellow Fever : Triumph over Adversity," *Mil. Med.*, vol. 10, no. 881, pp. 881–885, 2005.
- [14] Marco Villanueva-Meyer, "Carlos Juan Finlay (1833-1915): Pionero en la investigación y lucha contra la fiebre amarilla," *Galenus. Revista para médicos de Puerto Rico*, 2020. [Online]. Available: <http://www.galenusrevista.com/?Carlos-Juan-Finlay-1833-1915>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [15] Centro para el control y la prevención de enfermedades, "Acerca del dengue: Lo que debe saber." HHS.Gov – Departamento de Salud y Servicios Humanos, 2019.
- [16] Oxford University Press, "Finlay CE: Carlos Finlay and Yellow Fever." New York, USA, 1940.
- [17] J. Del Regato, "Carlos Juan Finlay (1833–1915)," *J Public Heal. Policy.*, vol. 22, pp. 98–104, 2001

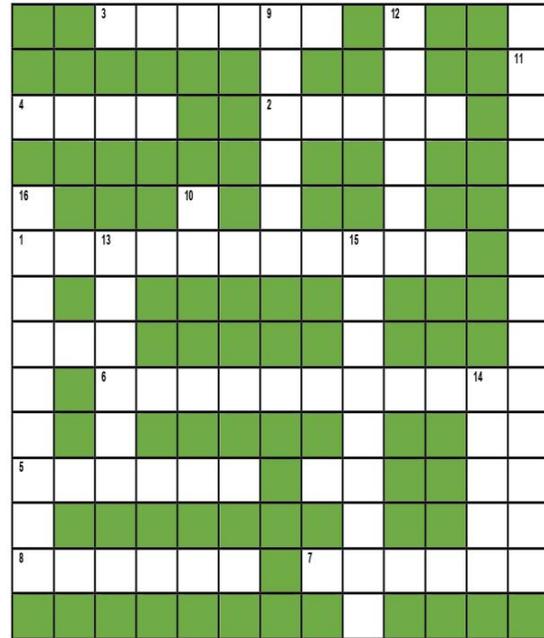
### Adivinanzas

1. Antes de ayer, María López tenía 15 años. El año que viene, tendrá 18. ¿Cómo es posible?
2. ¿Qué es lo que siempre aumenta, pero nunca disminuye?
3. Cuatro hermanas gemelas dan mil vueltas paralelas. Giran, giran, siempre danzan, sin embargo nunca jamás se alcanzan.
4. Antes que nazca la madre, anda el hijo por la calle.
5. Acertijo sencillo, nos dice “¿Cómo podemos hacer que cuatro nueves den como resultado cien?”
6. En una oficina de gobierno, la recepción es un salón con una sola ventana, cuadrada y de 1m de alto por 1m de ancho. El funcionario tenía problemas de visión en su computadora porque la única ventana dejaba entrar demasiada luz. Llamó a un ingeniero y le pidió que alterara la ventana para que sólo entrara la mitad de la luz. Pero tenía que seguir siendo cuadrada y con las mismas dimensiones de 1x1 metros. Tampoco podía usar cortinas o personas o vidrios de color, ni nada semejante. ¿Cómo puede el ingeniero solucionar el problema?
7. Dos padres y dos hijos se sentaron a una mesa a desayunar huevos. Cada uno de ellos se comió un huevo y en total se comieron tres huevos ¿Cómo es esto posible?

Respuestas

1. Hoy es primero de enero. Ayer, el 31 de diciembre del año pasado, María López cumplió 16 años. El 30 de diciembre aún tenía 15 del año pasado. Este año cumplirá 17 años, y el siguiente, 18 años.
2. La edad.
3. Las aspas del molino de viento
4. El humo.
5.  $9/9+99=100$
6. El arquitecto convierte la ventana en un rombo de 1x1, de esta manera la ventana sigue siendo un cuadrado de 1x1, cuadrada y sin obstáculos, pero por la que entrará la mitad de luz.
7. En realidad, había tres personas: un abuelo, un padre y un hijo. Hay dos personas que son padres porque tenemos el padre del hijo, y el padre del padre, que es el abuelo. Al mismo tiempo, hay dos personas que son hijos que son el hijo del abuelo y el hijo del padre.

### Crucigrama



#### Horizontales

1. División de una cosa en dos ramales.
2. Información concreta.
3. Cuerpo geométrico.
4. para referirse a la acción u operación.
5. Pobreza o indigencia.
6. Trato o convenio.
7. Recipiente empleado en el Antiguo Egipto.
8. Daño o es perjudicial.

#### Vertical

9. Proyecto de La Comunidad Autónoma de Canarias.
10. Módulo para almacenar información.
11. Que no tiene ningún ángulo recto.
12. Embarcación u otro vehículo.
13. Objeto que sirve para separar las partes sólidas de un líquido.
14. Proyecto de código abierto.
15. Incapacidad para hacer daño.
16. Acción de atraer.

# Guía para autores

## Formato de artículos

### PRISMA Tecnológico

Editorial Tecnológica  
[prisma@utp.ac.pa](mailto: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<sup>a</sup> , Benito Chan<sup>1</sup> , Juan Bernal<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica de Panamá

<sup>2</sup>Centro Experimental Internacional

<sup>1</sup>{carlos.babel, benito.chan}@utp.ac.pa

<sup>2</sup>juan.bernal@cei.org

Incluir en cada artículo la licencia Creative Commons, utilizada por la revista como icono debajo de la información de autores:



### Resumen

El resumen debe ser escrito en texto completamente justificado y en itálica, en la parte superior de la columna izquierda, debajo de la información del autor. Utilice la palabra "Resumen" como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, inicie el resumen, el cual debe estar escrito en Arial Narrow 10 puntos, espacio sencillo, itálica y puede ser hasta 7.62 cm de largo. Deje una línea (tamaño 10) en blanco después del resumen, luego incluya una lista de palabras claves.

Todos los tipos de artículo deben acompañarse de un resumen, con excepción de los trabajos en la sección Tecno-Historia. El resumen debe recoger los aspectos más destacados del trabajo, de modo que éste sea comprensible sin tener que leer el resto del artículo.

Para los artículos de Tecno I+D el resumen debe ser estructurado conteniendo objetivos, métodos, resultados y conclusiones. Para todas las otras secciones, el resumen no se estructurará. Nunca se incluirán citas bibliográficas en el resumen.

### Palabras clave

Utilice la expresión “Palabras clave” como título, en Arial Narrow 12 puntos, tipo negrita, no itálica, justificada a la izquierda relativa a la columna, con mayúscula inicial y seguida de dos puntos. A continuación, incluya de 3 a 7 palabras claves en Arial Narrow 10 puntos itálicos a espacio sencillo. Seguido de los dos puntos la primera letra debe ir en minúscula, salvo excepciones (nombres propios, siglas, otras).

### Sección en inglés

Después de las palabras claves deben aparecer el título, el resumen y las palabras claves en inglés en el formato anterior, indicando cada uno como se muestra a continuación.

**Title:** ...

**Abstract:** ...

**Key words:** ...

### Texto principal

Escriba su texto principal en Arial Narrow 10 puntos, a espacio sencillo. No use doble espacio. Todos los párrafos deben tener una sangría de 0.5 cm. Asegúrese que el texto está completamente justificado, es decir, raso a la izquierda y a la derecha. Por favor no agregue ninguna línea en blanco entre párrafos.

### Cabeceras de primer nivel

Los títulos de primer nivel, por ejemplo, “1. Introducción”, deben estar en Arial Narrow 12 puntos negrita, con mayúscula inicial, a la izquierda de la columna con una línea en blanco antes. Utilice un punto (“.”) después de la numeración, no una coma. Como en el título, use mayúscula solo para la primera letra, nombres propios o siglas.

### Cabeceras de segundo nivel

Los títulos de segundo nivel, por ejemplo, “1.1 Antecedentes”, deben estar en Arial Narrow 11 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

### Cabeceras de tercer nivel

Los títulos de tercer nivel, por ejemplo, “1.1.1 Secciones”, no se recomiendan. Sin embargo, de ser necesarios, use Arial

Narrow de 10 puntos, negrita, solo la primera letra en mayúscula, y una línea en blanco antes.

### Viñetas

Las viñetas deben ir justificadas a la izquierda y a espacio sencillo. La posición de la viñeta con respecto a la columna del texto debe ser cero (0) cm, y las posiciones de la tabulación y la sangría del texto de la viñeta deben ser 0.3 cm.

### Diseño de la última página

Si la última página de su documento está solo parcialmente llena, arregle las columnas para que estén igualmente balanceadas si es posible, en lugar de tener una sola columna larga.

### Enumeración de páginas y encabezados

No enumere automáticamente las páginas en el procesador, y no utilice ningún tipo de encabezado (header or footer).

### Figuras y tablas

Todas las figuras y tablas deben ocupar el ancho completo (en lo posible) de una columna. Figuras y tablas muy grandes pueden ocupar ambas columnas, pero procure usar estas figuras y tablas de dos columnas de ancho solo cuando sea absolutamente necesario. Las leyendas de figura se colocan debajo de las figuras, y los títulos de las tablas se colocan centrados sobre las tablas. Las figuras y tablas deben enumerarse separadamente y en forma consecutiva usando números arábigos. Por ejemplo: “Figura 1. Esquema de modulación”, “Tabla 1. Datos de entrada”. Las leyendas de figuras y tablas deben ser Arial Narrow de 10 puntos. Use mayúscula inicial solo para la primera palabra de cada leyenda de figura o título de tabla. Para el contenido de las tablas use Arial Narrow de 8 puntos. Localice las tablas y figuras lo más cerca posible a la primera referencia de las mismas, al inicio o final de cada columna; evite colocarlas en el medio de las columnas. A continuación, se presenta un ejemplo de formato correcto para las tablas y figuras en la Figura 1 y la Tabla 1.



Figura 1. Ejemplo de imagen con resolución aceptable.

Tabla 1. Ejemplo de una tabla.

| Sectores | N  | %    |
|----------|----|------|
| Arriba   | 10 | 14.5 |
| Abajo    | 13 | 60.2 |

Fuente: Adaptado de [2]

Todas las figuras (gráficas, ilustraciones, fotos) deben estar centradas, inclusive el título. Los artes (figuras, etc.) deben estar en su sitio dentro del artículo (preferiblemente como parte del texto en lugar de pegados). Procure utilizar ilustraciones, gráficas y fotos de alta calidad, mínimo 300 dpi, para evitar que se distorsionen si se amplían o reducen. Una vez se apruebe su artículo, se le solicitará que envíe las imágenes en formato JPG o PNG y las tablas o fórmulas en formato PDF de ser necesario.

### Ecuaciones y símbolos

Para las ecuaciones, utilice el editor de ecuaciones de Microsoft y asegúrese de utilizar tipo Arial Narrow 10 puntos para las variables, números y texto en general. Para el formato de la ecuación (Format Object) seleccione "in line with text" y asegúrese que la numeración correspondiente queda alineada a la derecha y la ecuación queda centrada, como se ilustra a continuación

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi \quad (1)$$

Enumere las ecuaciones en forma consecutiva en paréntesis. Para hacer las ecuaciones más compactas puede utilizar el solidus (/), la función exp, o exponentes apropiados, y use paréntesis para evitar ambigüedades en los denominadores, como en

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) \, dr \, d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (2)$$

$$\cdot \int_0^{\infty} \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_i) \, d\lambda$$

Asegúrese que los símbolos en su ecuación se han definido antes que aparezca la ecuación o inmediatamente después de la ecuación. Utilice tipo itálica para los símbolos (así, por ejemplo, T para referirse a una temperatura, mientras que T para la unidad Tesla). Refiérase a "(1)" no a "ec. (1)" ni "ecuación (1)".

Confine las ecuaciones a una columna y de ser necesario, divídalas en los símbolos algebraicos apropiados (como en (2)).

Con respecto a los símbolos matemáticos, letras griegas u otros elementos gráficos asegúrese que se muestran e imprimen correctamente, y que están incluidos en los tipos de letras (fonts packages) disponibles regularmente en MS Word.

### Pies de página

Procure no utilizar pies de página. Si se utiliza colóquelo en la parte inferior de la columna de la página en la cual se hace referencia. Use Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo. Para facilitar la lectura, evite el uso de pies de página e incluya las observaciones necesarias en el texto (entre paréntesis, si se prefiere, como se ilustra aquí).

### Secciones más comunes

Las siguientes secciones son las más usuales (pero no están limitadas a éstas) en un artículo de investigación.

**Resumen:** en el caso del resumen estructurado, el mismo debe incluir cuatro elementos identificables,

- El objetivo, es decir, el propósito fundamental del estudio y la hipótesis principal si la hubiera.
- Los materiales y métodos, se mencionan los procedimientos para la realización del estudio, se describen modelos, esquemas, herramientas, equipos, así como los métodos de modelado, simulación, observación y analíticos.
- Los resultados más relevantes del estudio, incluyendo la magnitud de los efectos y su importancia.
- Las conclusiones más relevantes que se sustentan directamente en los datos, junto con su aplicación.

**Introducción:** debe ubicar al lector en el contexto del trabajo. La introducción debe contener:

- La naturaleza del problema cuya solución o información se describe en el documento.
- El estado de la técnica en el dominio tratado (con sus respectivas referencias bibliográficas).
- El objetivo del trabajo, su relevancia y su contribución en relación al estado de la técnica.
- La descripción de la forma como el documento está estructurado, evitando que parezca una tabla de contenido.

**Materiales y métodos:** es importante presentar el diseño y tipo de investigación, pasos de la investigación, métodos y materiales. Además, también deben incluirse los criterios de selección del material tratado, los controles, estudios planeados y realizados.

**Resultados y discusión:** se recomienda presentar los resultados en orden lógico acorde a la metodología planteada. Usar tablas y figuras cuando sea posible para presentar los resultados de forma clara y resumida.

- Deben indicarse claramente los hallazgos más significativos.
- Posterior a la presentación de los resultados, se destacarán y discutirán los aspectos más importantes del trabajo. Toda afirmación debe estar avalada por los resultados obtenidos. Y por último, comparar los resultados obtenidos con estudios previos
- Se evitará repetir la enumeración de los resultados o los conceptos que se presentan en la introducción. Los autores expondrán el significado y trascendencia de los resultados obtenidos, su concordancia o no con estudios similares ya realizados, las limitaciones de su trabajo y la continuación lógica de éste.
- Se recomienda extremar la síntesis evitando repeticiones innecesarias.
- Tenga mucho cuidado en el texto del artículo al usar porcentajes o estadísticas con un pequeño número de muestras. Es incorrecto: "El sesenta por ciento (3/5) de las muestras X y el 20% (1/5) de Y han demostrado resistencia a los medicamentos." Es correcto: "Tres de cada cinco ejemplares de

X y 1 de cada 5 ejemplares de Y han demostrado resistencia a los medicamentos."

- Cuando un número empieza una oración entonces debe escribirlo en letras. Además, utilice numerales cuando las cifras sean mayores que 10.

**Conclusión:** las conclusiones deben ser enunciadas con claridad y deberán cubrir:

- Las contribuciones del trabajo y su grado de relevancia.
- Las ventajas y limitaciones de las propuestas presentadas.
- Referencia y aplicaciones de los resultados obtenidos.
- Recomendaciones para trabajos futuros.
- Impacto sobre la comunidad científica

Es importante indicar que no se requiere una sección de conclusión, pero que si se incluye debe cuidar que, aun cuando una sección de conclusión pueda resumir los puntos principales del artículo o ensayo, no debe duplicar el resumen en la conclusión. Una conclusión, como se ha indicado, debe elaborarse sobre la importancia del trabajo o sugerir aplicaciones y extensiones del mismo.

Los otros tipos de artículos tendrán estructura libre.

## Apéndices (Anexos)

Los apéndices o anexos, de ser necesarios, aparecen antes del agradecimiento.

## Agradecimiento

Podrán incorporarse, cuando se considere necesario, las personas, centros o entidades que hayan colaborado o apoyado la elaboración del trabajo, sin que ello justifique la calidad de autor. Debe especificarse la naturaleza de la ayuda.

Utilice el término en singular en el encabezado, aun cuando pueda tener muchos agradecimientos. Evite expresiones tales como "Uno de nosotros (S.A.M) agradece...". En lugar de esto, escriba "S. A. M. agradece...". El reconocimiento de apoyo a algún patrocinador o de apoyo financiero va en esta sección, por ejemplo, "Este trabajo fue financiado o apoyado en parte por la Secretaría Nacional bajo el acuerdo BS12345".

## Referencias

La sección de Referencias va al final del documento y no debe estar enumerada. En ella debe listar y enumerar todas las referencias bibliográficas en Arial Narrow 8 puntos, espacio sencillo.

Utilice los estilos Regular e Itálica para distinguir entre los diferentes campos como se muestra en los ejemplos de esta sección.

Las referencias bibliográficas aparecerán seguidas de la última sección del texto, o de los agradecimientos, sin cambiar de hoja.

En el texto, enumere los elementos consecutivamente (en orden de aparición) en paréntesis cuadrados (e.g., [1]). Cuando se refiera a un elemento de la referencia, simplemente use el número de referencias, como en [2]; no use "Ref. [2]" o "Referencia [2]", excepto al inicio de una oración, e.g., "En [2] se muestra que...". Múltiples referencias se deben enumerar cada una con paréntesis separados (e.g., [1], [2], [4]-[6]).

A continuación se ilustran diferentes categorías con su formato que incluyen: libro [1], libro en una serie [2], artículo de revista (journal) [3], artículo en revista electrónica con DOI [4], artículo de conferencia [5], patente [6], sitio web [7], página web [8], hoja de datos [9], libro de datos como un manual [10], tesis de maestría o doctorado [11], reporte técnico [12], estándar [13].

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Gonçalves, E. Fox, & L. Watson, "Towards a digital library theory: a formal digital library ontology," *International Journal on Digital Libraries*, vol. 8, no. 2, pp. 91-114, 2008. <http://doi:10.1007/s00799-008-0033-1>
- [5] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [6] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [7] (2002) The IEEE website. [Online]. Disponible en: <http://www.ieee.org/>
- [8] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Disponible en: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] FLEXChip Signal Processor (MC68175/D), Motorola, 1996.
- [11] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [12] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [13] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, IEEE Std. 802.11, 1997.



# Portal de REVISTAS ACADÉMICAS UTP



Bienvenido al Portal de Revistas Académicas (Investigación, Académica, Cultural, Congresos Nacionales e internacionales) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Este sitio nace como una iniciativa del proyecto UTP-Ridda<sup>2</sup> para mostrar la producción científica e investigativa desarrollado por los docentes, investigadores y estudiantes de la UTP. Este proyecto es desarrollado por la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, Editorial Universitaria y la Dirección de Comunicación Estratégica, con el apoyo de las principales autoridades de nuestra Universidad.

El objetivo de esta plataforma es visibilizar la producción científica en las revistas científicas en vías de mejorar el alcance de las publicaciones a nivel nacional e internacional a través de la integración en directorios, bases de datos, catálogos e indexaciones.

**A partir del 2018 las publicaciones de los volúmenes de las revistas I+D Tecnológico, Prisma Tecnológico y la Revista de Iniciación Científica (RIC) se les asignará un DOI (Digital Object Identifier).**



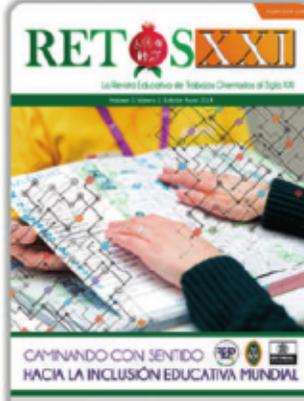
**I+D Tecnológico**  
ISSN: 1680-8894  
E-ISSN: 2219-6714



**Prisma Tecnológico**  
ISSN: 2076-8133  
E-ISSN: 2312-637X



**Revista de Iniciación Científica**  
ISSN: 2412-0464  
E-ISSN: 2413-6786



**Revista RETOS XXI**  
ISSN: 2524-1125  
E-ISSN: 2524-1133



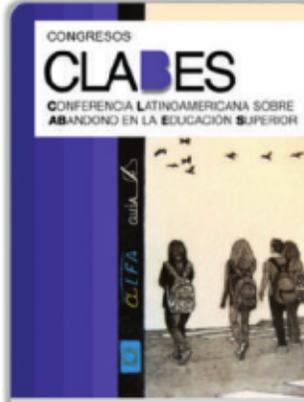
**El Tecnológico**  
ISSN: 1819-9623  
E-ISSN: 1819-9623



**Cultural Maga**  
ISSN: 1018-1563  
E-ISSN: 1018-1563



**Memorias de Congresos UTP**



**Congresos CLABES**

Visítenos en:

<http://www.revistas.utp.ac.pa>

No es necesario registrarse para tener acceso a los contenidos de las revistas



**Universidad Tecnológica de Panamá**  
Campus Universitario Dr. Víctor Levi Sasso,  
Edificio Orillac, Primer alto.  
Teléfono: (507) 560-3703 / Telefax: (507) 560-3442  
Correo electrónico: [editorial@utp.ac.pa](mailto:editorial@utp.ac.pa)  
Web: [www.utp.ac.pa](http://www.utp.ac.pa)  
Apartado Postal 0819-07289 El Dorado  
Panamá, República de Panamá