Mincyt
Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

CIENCIA EN REVOLUCIÓN
ISSN: 2610-8216

VOLUMEN 7, NÚMERO 20, ENERO - ABRIL, 2021

Gobierno Bolivariano de Venezuela | Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Volumen 7, N° 20, enero–abril, 2021.

ISSN–e: 2610–8216
Depósito legal: MI2019000004

Revista arbitrada e indizada en: Revencyt; Academic Resource Index; Directorio de Latindex; Pendiente de calificación en Latindex Catálogo 2.0; AmeliCa; AURA; SHERPA/ROMEO; Disponible en zenodo; Firmante de DORA y de la Iniciativa Helsinki.

Ciencia en Revolución

Órgano de divulgación científica, tecnológica y social.
Su propósito es la difusión, promoción y apoyo a las investigaciones, así como de las actividades académicas.

Editora Jefe

Dra. Magaly Henríquez González
Presidencia
Centro Nacional de Tecnología Química, Venezuela
e–mail: mhenriquez.cntq@gmail.com

Editor Ejecutivo

Sección Ciencia y Tecnología
Dr. Samuel Villanueva Velásquez
Dirección Técnica
Centro Nacional de Tecnología Química
e–mail: svillanueva.cntq@gmail.com

Editora Ejecutiva

Sección Ciencia y Comunidad
Lcda. Dayana Arreaza
Gerencia A. y A. I.
Centro Nacional de Tecnología Química
e–mail: darreaza.cntq@gmail.com

Editora Asociada

Lcda. María Laura Chona
Dirección Ejecutiva
Centro Nacional de Tecnología Química
Sistema de revisión en línea de manuscritos y métricas
e–mail: mchona.cntq@gmail.com

Junta Editorial

Dr. Marcos Rosa–Brussin
Universidad Central de Venezuela
Venezuela
e-mail: marcos.rosa@ciens.ucv.ve

Dr. Ángel Almarza
Universidad de Carabobo
Venezuela
e-mail: adalmarza@gmail.com

Prof. Germán Siegert Carrasquel
Universidad Central de Venezuela
Venezuela

MSc. César Alejandro Basanta
Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo
Venezuela

Dr. José Gregorio Biomorgi
Universidad Central de Venezuela
Venezuela

Edición Técnica

Dra. Lisbeth Manganiello
e–mail: lisbethmanganiello@gmail.com

Dr. Cristóbal Vega
e–mail: vega.cristobal@gmail.com

Revisores – editores de productos de investigación desarrollo e innovación
Dirección Técnica,
Centro Nacional de Tecnología Química, Caracas, Venezuela
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Web master: M. L. Chona Dirección Ejecutiva e–mail: mchona.cntq@gmail.com

Diseño de portada Lic. Alejandro Campero Diagramación y diseño plantilla LaTeX Dr. Cristóbal Vega

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

ISSN–e: 2610 – 8216

Ciencia en Revolución

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

CNTQ

Caracas – Venezuela

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA QUÍMICA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Energía y ambiente

Manufactura y valorización de la materia prima nacional

Sistemas de gestión de la calidad

Coordinación general
MSc. Héctor Rodríguez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación
e–mail: hrodriguez.cntq@gmail.com

Contenido general
(*General Content*)

Página	
V	Editorial *Magaly Henríquez*
	Sección Ciencia y Comunidad
XIII	Artículo de divulgación ***Revista Ingeniería UC*, a Journal for Science and Technology Dissemination** *Revista Ingeniería UC*, una publicación para la difusión de la ciencia y la tecnología *Víctor Reyes–Lanza y Cristóbal Vega*
	Sección Ciencia y Tecnología
1	Artículo **Chemical Characterization of Biofertilizer Obtained from Poultry Waste Generated in the *Piedras Azules* Agricultural Fund** Caracterización química de biofertilizante obtenido de los desechos avícolas generados en el fundo agropecuario *Piedras Azules* *G. A. Araujo M., C. R. Rosales S., K. Román y J. J. Medina B.*
9	Artículo **Cu_3TaTe_4: Synthesis, X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, and Diffuse Reflectance Measurements** Cu_3TaTe_4: Medidas de síntesis, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y reflectancia difusa *P. Grima-Gallardo, L. Nieves, A. Velasquez y G.E. Delgado*
16	Artículo **Healthy Plants Simulators Implementation and with Water Stress for the Calibration of the Detection by Multispectral Camera** Implementación de simuladores de plantas sanas y con estrés hídrico para la calibración de la detección por cámara multiespectral *Aarón Alberto Muñoz Morales, Naire Duque y Yoel Rafael Cuerva Henríquez*

Contenido general (continuación)
(*General Content*) (continuation)

	Artículo
29	**Statistical Models in Dermatology. Psoriasis Case Study** Modelos estadísticos en dermatología. Caso de estudio la psoriasis *M.L. Vega M., L. Manganiello, E. Puertas-Abreu y C. Vega*

	Apéndices
a	Rules for submitting articles – Section Science and Technology
d	Normas para la presentación de artículos – Sección Ciencia y Tecnología
g	Políticas antiplagio
i	Carta de compromiso
j	El cuerpo de editores académicos
k	Estrategias de evaluación de los manuscritos
m	Políticas de ética y publicación

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Editorial

Editorial DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4957221

La revista Ciencia en Revolución en su ejemplar número veinte (20), volumen siete (7), correspondiente a la edición de enero – abril de 2021, amplía su proyección como medio de divulgación científica a través de sus indizaciones en los índices académicos: Revencyt, Latindex, REDIB, AmeliCA, Academic Resource Index, DRJI, Sherpa/Romeo y AURA; garantizándole de esta manera a los autores, sus instituciones y al país la visibilidad de sus productos de I+D+i a un mayor número de personas a nivel mundial interesadas en los avances en materia de ciencia y tecnología. Packer y Meneghini (citado por Pinto y Moreiro[1]*) afirman que*:

> *La visibilidad es una característica deseada de la comunicación científica. Representando la capacidad de exposición que una fuente o flujo de información posee de, por un lado, influenciar su público deseado y, por otro, ser utilizada en respuesta a una demanda de información.*

Ciencia en Revolución asume este atributo del quehacer científico de manera responsable al dar respuesta oportuna a cada investigador que remite su manuscrito para revisión, edición y montaje, guardando cuidadosamente la normativa editorial, preservando la propiedad intelectual, asistiendo a cada autor en como citar correctamente sus referencias, diagramar su trabajo, presentar sus figuras y tablas, además de cualquier otro aspecto que él o los demás autores requieran. Nuestro crecimiento está basado en la mística del trabajo y la convicción de que hoy por hoy las revistas científicas son un poderoso medio de comunicación para hacer llegar el conocimiento de manera expedita, a través de las redes académicas, profesionales y sociales. Cabe destacar, que la revista se mantiene en concordancia con los lineamientos del Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación.

A continuación abrimos la edición de este ejemplar con un artículo de divulgación enmarcado en la Sección de Ciencia y Comunidad dedicado a la Revista Ingeniería UC, *principal órgano de difusión de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. Sus autores, Reyes Lanza y Vega exponen la trayectoria de este medio dedicado a la ingeniería y ciencias afines, desde su fundación hasta la actualidad, con la finalidad de inspirar a otras instituciones nacionales a diseñar o rediseñar sus revistas.*

La Sección Ciencia y Tecnología apertura su contenido con el trabajo de Araujo y colaboradores donde exponen la caracterización de un biofertilizante obtenido mediante digestión anaeróbica de los desechos avícolas, los resultados muestran que el producto presenta un porcentaje de germinación del 100 %, en comparación con 88,88 % del fertilizante comercial. La investigación realizada representa una alternativa para la disminución del impacto ambiental que ocasiona la acumulación a cielo abierto de este tipo de desechos, contribuyendo de esta forma al desarrollo autosustentable.

Grima-Gallardo y cotrabajadores en el estudio colaborativo entre el Centro Nacional de Tecnologías Ópticas, Centro de Investigaciones de Astronomía, Centro de Estudios en

[1] A.L. Pinto & J.A Moreiro-González. *La investigación científica española y brasileña en Biblioteconomía y Documentación: Visibilidad y representación de los principales programas de postgrado*. Editora da Furg. Rio Grande, Brasil. 2012

Semiconductores y el Laboratorio de Cristalografía, los dos últimos de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes (ULA), aportan la preparación, caracterización y evaluación del compuesto Cu_3TaTe_4, el cual puede ser empleado como material para celdas solares de película fina; con la ventaja de presentar baja toxicidad y costos más asequibles que los insumos que se utilizan en la actualidad.

Muñoz, Duque y Cuerva ofrecen una importante contribución al sector agroindustrial referente al control óptimo de plantaciones; los investigadores desarrollaron simuladores ópticos que permiten la calibración de cámaras multiespectrales, con las cuales es posible evaluar las firmas espectrales de plantas sometidas a estrés hídrico como consecuencia de un déficit de agua, la técnica determina si el método de riego es adecuado o no.

Cerramos la edición con Vega y colaboradores, quienes mediante el uso de herramientas estadísticas abordan el problema de las enfermedades reemergentes como es el caso de la psoriasis. En el trabajo se plantea el uso de modelos de series temporales, como el SARIMAX desarrollado a partir de la data analizada. Las ventajas de la aplicación de estas estimaciones se traducen en tomar a tiempo medidas oportunas para mejorar la situación de los pacientes. Cabe destacar, que es un trabajo interinstitucional e internacional entre el Centro de Salud Daroca del Servicio Madrileño de Salud Atención Primaria en Madrid, España; la Unidad de Salud Pública del Departamento de Bioanálisis, Facultad de Ciencias de la Universidad de Oriente; adicionalmente, el Centro de Investigaciones Químicas y el Instituto de Matemáticas y Cálculo aplicado, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

Finalmente, en compañía de todo el equipo editorial quiero agradecer a todos los autores que forman parte de este número de la revista por la confianza depositada en nosotros para la publicación de sus productos de I+D+i. Además, quiero como siempre reconocer todo el apoyo brindado por el Mincyt a través de la ministra Gabriela Jiménez Ramírez y demás autoridades por la labor de difusión desplegada a través de los diferentes entes que conforman el ministerio, para hacer visible su productividad mediante Ciencia en Revolución. Es un honor para nosotros poder servir como una ventana que les permita mostrar sus avances en materia de ciencia y tecnología, al mundo y a Venezuela. Me despido invitándolos a publicar muy cordialmente a todos los investigadores nacionales e internacionales interesados en confiarnos sus productos en el ámbito científico-tecnológico y social.

Dra. Magaly Henríquez González
Editora - Jefe

Ciencia y Comunidad

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Reyes–Lanza y Vega, Vol. 7, Nro. 20, VIII–XV, enero–abril, 2021.

Dissemination article

Revista Ingeniería UC, a Journal for Science and Technology Dissemination

Víctor Reyes–Lanza[1*], Cristóbal Vega[2]

[1]Escuela de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

[2]Instituto de Matemáticas y Cálculo Aplicado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Recibido: febrero, 2021
Aceptado: abril, 2021
Autor para correspondencia: V. Reyes–Lanza. e–mail: vicreyeslanza@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.5502079

Summary

One of the goals of engineering institutions is to organize and edit a scientific and technological dissemination body; a medium in which individual and group production of its members can finally be crystallized and that at the same time serves as an instrument of R+D+i exchange with other peers in the country and abroad. This article describes the creation, development and consolidation of *Revista Ingeniería UC*, with the aim of encouraging institutes, centers, laboratories, research units and other entities linked to the scientist to participate in the design and/or redesign of their journals. It is important to consider the national and international impact that a dissemination medium of this nature can have, based on the academic recognition received by the authors, the publishing entity, the country of origin and therefore, society in general.
Keywords: scientific journals; *Revista Ingeniería UC*; R+D+i products.

Artículo de divulgación

Revista Ingeniería UC, una publicación para la difusión de la ciencia y la tecnología

Resumen

Una de las metas de las instituciones de ingeniería es organizar y editar un órgano de difusión científica y tecnológica; un medio en el cual finalmente se pueda cristalizar la producción individual y por grupos de sus miembros y que a la vez sirva como instrumento de intercambio I+D+i con otros pares en el país y en el exterior. El presente artículo describe la creación, desarrollo y consolidación de la *Revista Ingeniería UC*, con la finalidad incentivar a institutos, centros, laboratorios, unidades de investigación y otros entes ligados al quehacer científico a participar en el diseño y/o rediseño de sus revistas. Es importante considerar el impacto que a nivel nacional e internacional puede tener un medio de divulgación de esta naturaleza en función al reconocimiento académico que reciben los autores, la entidad editora, el país de origen y por ende, la sociedad en general.
Palabras clave: revistas científicas; *Revista Ingeniería UC*; productos I+D+i.

1. Introducción

A continuación será descrita la fundación de la *Revista Ingeniería UC*, enfatizando su importancia desde el punto de vista institucional y su proyección local e internacional. Además, se enumeran aspectos fundamentales que deben observarse en las publicaciones científicas de calidad; seguido de una breve narración del desarrollo histórico de la revista mediante las acciones tomadas por sus editores en jefe para conducirla a su consolidación y su actualización continua. Finalmente, se explica como el uso de las redes profesionales y sociales ayudan a visibilizar el conocimiento; obviamente, sin descuidar las exigencias de los índices académicos donde se encuentra indizada.

1.1. Sus inicios

En el año 1992, con el invalorable apoyo de Petroquímica de Venezuela S.A. (*Pequiven*), el decanato de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo hizo entrega del primer número de la *Revista Ingeniería UC*, una publicación anhelada y esperada por todo el colectivo tanto universitario como empresarial del momento. La Figura 1 muestra a los directivos de Pequiven junto a las autoridades universitarias y al Decano *Víctor Reyes Lanza*, fundador de este importante medio durante su bautizo.

Cabe destacar que Pequiven financió íntegramente el primer número de la revista, el Dr. *Aldo Coruzzi*, directivo de la empresa, recibió con gran entusiasmo la iniciativa de creación de este importante órgano dedicado a la ingeniería y ciencias afines. Por ello hay que expresar un especial reconocimiento a esa institución, con la cual siempre ha existido tradición en programas de cooperación.

1.2. Importancia

Una institución donde convergen actividades de investigación, docencia y extensión requiere de una publicación periódica donde se puedan plasmar los resultados de esas actividades, pero no sólo como consecuencia de las directrices de una determinada administración, sino como un reflejo de la producción científica y tecnológica de todo su personal, enmarcada dentro de un



Figura 1: Bautizo del primer número de la *Revista Ingeniería UC*, publicado en 1992 con la colaboración de Pequiven y apadrinada por el Prof. *Rafael Albornoz*. En la fotografía se observan de derecha a izquierda a las autoridades de la Universidad de Carabobo en el año 1992, Prof. *Rolando Smith*, Secretario, Prof. R*icardo Maldonado*, Rector, Prof. *José Botello*, Vicerrector Académico, y el Prof. *Víctor Reyes Lanza*, Decano de la Facultad de Ingeniería

cuadro institucional. Luego, la pretensión de que la revista sirva como un instrumento de medición de la excelencia académica integral. La *Revista Ingeniería UC* constituye un importante medio de difusión de productos de I+D+i, el cual ha permitido una proyección hacia la sociedad, no solo a los autores como individuos, sino también a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo como institución y a Venezuela como nación; dando a conocer los logros y la potencialidad del talento venezolano y de otras latitudes para resolver los múltiples problemas de carácter técnico especializado que van intrínsecamente unidos al desarrollo del país.

2. Aspectos fundamentales

La producción de conocimiento científico es una acción esencial para el desarrollo de los países, y la difusión del conocimiento mediante revistas especializadas es una propiedad central de la universidad del siglo XXI. Una revista científica es una publicación periódica en la que se recoge el progreso de la ciencia, e incluye avances sobre las nuevas investigaciones. En Latinoamérica, la gran mayoría

de las revistas científicas son de carácter público, editadas por instituciones de investigación, o más comúnmente, por universidades nacionales [1].

La representación, visibilidad, evaluación y el prestigio de las instituciones de investigación y de las universidades es medido por la calidad de sus productos científicos. Con ello, las revistas sirven de agentes multiplicadores del renombre de la institución en el ámbito nacional e internacional. En los centros de educación superior existe una cultura de divulgación científica imperante y la forma usual de comunicación de resultados e ideas es mediante sus propias revistas.

El financiamiento adecuado facilita el fortalecimiento definitivo de las publicaciones periódicas. Ello permite alcanzar audiencias mayores. La exigencia de la comunicación abierta impide a las revistas científicas generar ingresos por los materiales publicados. Mientras eso ocurre, es fundamental que existan patrocinantes, los cuales mantengan aportes de subvención que conlleve, más temprano que tarde, a la consolidación de las revistas, recomienda Pire [1].

La generación de nuevo conocimiento tiene como principal objetivo aumentar la esperanza de vida, y mejorar la existencia de los seres humanos. El proceso inicia con una pregunta sustentada en un problema que afecta a una población específica y que es necesario resolver. Por lo que la investigación contribuye a una comprensión de un problema que eventualmente impacta en la calidad de vida de los habitantes [2].

Entre las formas de difundir el conocimiento, las revistas científicas especializadas han sido y son el instrumento más adecuado para este fin. Realizan un rol preponderante e insustituible en las comunidades de investigadores. Esto ha originado que las revistas científicas tengan una continua evolución. Su calidad está determinada por la seriedad y originalidad de los artículos publicados en ella. En consecuencia, una revista será atractiva para publicar artículos de alta categoría científica cuando reúne los atributos de excelencia en los contenidos revisados, puntualidad en la periodicidad acordada para hacer visibles los productos que le son confiados y la rigurosidad con que se cita la bibliografía consultada. Un alto grado de indización de las revistas científicas garantiza la presencia de los artículos en un mayor número de bases de datos para su difusión. Para hacer posible esta condición, las revistas científicas deben seguir un modelo continuo de modernización, manteniendo siempre los estándares del mayor rigor científico.

Lameda y colaboradores [3] presentan una investigación documental, para determinar la importancia de publicar artículos científicos desde la perspectiva individual, de las organizaciones y de la sociedad; mediante el acopio de información, organización, análisis, reflexión, interpretación y síntesis de literatura reciente. Los investigadores recopilaron más de 120 publicaciones, de las cuales seleccionaron 22 como las más notables y actualizadas. Sobre la base de una revisión crítica del referencial teórico, identificaron los aspectos relevantes en la publicación de artículos científicos, como son, autores, lectores, editoriales, universidades, entes gubernamentales, sociedades científicas, empresas privadas y la ciudadanía; así mismo, categorizaron las partes interesadas en tres niveles, individual, organizacional y social. A continuación se enumeran 10 factores de interés a considerar en los artículos científicos y su proyección a la comunidad:

1. Contribuyen a mejorar la salud, nutrición, educación, vivienda, trabajo y recreación.
2. Están orientadas a suplir necesidades de los habitantes.
3. Potencian la consolidación de grupos y redes de investigación, crean cultura de trabajo científico y ayudan a realimentar el ciclo investigativo.
4. Constituyen un paso importante de cualquier ciclo de investigación científica.
5. Ayudan a la construcción colectiva del conocimiento y propulsan el descubrimiento científico.
6. Favorecen al desarrollo de la sociedad y a que otros investigadores acorten sus tiempos de investigación.
7. Son una especie de registro social de invenciones e innovaciones.
8. Aumenta la reputación del país de origen del artículo científico.

9. Favorecen al intercambio de resultados de investigación y colaboración internacional.
10. Colaboran en el avance del conocimiento y al progreso de la ciencia y la humanidad.

Además, Jiménez [4] explica lo que significan las publicaciones científicas para la ciencia, el avance del conocimiento y su transmisión a la sociedad. Detalla el proceso al cual se somete un determinado producto de investigación antes de ser publicado, haciendo énfasis en cada uno de los pasos observados antes de que el manuscrito inicial llegue a los lectores. Plantea además, los riesgos que acechan al mundo de la difusión y la necesidad de que las instituciones estén alerta para mantener la formalidad imprescindible para que la investigación científica y los medios que la describen cumplan su objetivo último, que es mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

El autor concluye que el progreso de la ciencia es esencial para el avance de la humanidad [4]. Las revistas científicas son el medio más importante disponible para la transmisión de los nuevos descubrimientos a la sociedad. Los artículos publicados deben ser analizados con rigor exquisito por individuos expertos en el área correspondiente antes de ser aceptados; nunca será ético que un artículo científico sea evaluado por un profesional de un área distinta a la tratada en la publicación, o por expertos que tengan conflictos de intereses con lo tratado en el manuscrito. Bajo estas premisas, las publicaciones científicas deben seguir siendo fundamentales para el avance del conocimiento.

La forma de asegurar que un artículo científico llegue a una mayor audiencia está determinada por el número de índices académicos y bases de datos (repositorios) donde se encuentre indizado el órgano seleccionado para su publicación. En este sentido, Alonso y Aleixandre [5] afirman que la inclusión de una revista en las bases de datos internacionales tiene las siguientes ventajas:

1. Indicador de calidad, ya que para lograr la inclusión, la revista ha tenido que cumplir unos criterios previos.
2. Salto cualitativo para consolidar a la revista entre las más prestigiosas, pues le otorga seriedad, confiabilidad y aprobación científica.
3. Reconocimiento a la actividad desarrollada por los investigadores que colaboran en la publicación de la revista enviando sus trabajos, así como a la labor del equipo directivo y editorial que se encarga de verificar las normas de publicación establecidas.
4. Contribuye a aumentar la visibilidad de la revista y, con ello, la posibilidad de recibir citaciones y aumentar su impacto, ya que los autores, aún no disponiendo del ejemplar de la revista, pueden citarla a partir de los resúmenes, práctica ampliamente extendida hoy en día gracias a las facilidades de acceso a las bases de datos.
5. Estabilidad editorial y un aliciente para seguir mejorando la excelencia de la revista.
6. Repercute favorablemente en el currículum vítae de quienes publican en la revista, pues se valora más si el trabajo está publicado en revistas indizadas.

Adicionalmente a la inclusión en las bases de datos internacionales, los administradores y editores de las revistas y sobre todo los entes a los cuales estas están adscritas deben promocionar los productos publicados en las redes sociales; además incentivar a los autores a subir sus publicaciones a las redes profesionales, tales como *Linkedin* y *ResearchGate*. Conforme con los aspectos fundamentales mostrados en la literatura, *Revista Ingeniería UC* es fiel al cumplimiento de los mismos y se mantiene en un proceso continuo de actualización.

3. Desarrollo histórico de la *Revista Ingeniería UC*

El primer editor en jefe fue el Dr. *Darío Castellanos Guédez*, un eminente profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, entre sus publicaciones destacan *La ecuación de onda, las transformaciones de Lorentz y el principio de Huygens* [6], *Rational Chebyshev Approximations of Analytic Functions* [7], *Crónicas de Manantial* [8]. *Castellano* permaneció en la jefatura editorial de la revista desde el año de 1992 hasta 1997.

A partir del año 1997 el Dr. *Edilberto Guevara* ocupa la edición en jefe de la revista hasta

2003. El Dr. *Guevara* es investigador y profesor de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo con larga trayectoria. Entre sus obras sobresalen *Stochastic Analysis of a Monthly Flows Time Series. Study Case: Caroní River* [9], *Tendencia de la precipitación estacional e influencia de El Niño-Oscilación Austral sobre la ocurrencia de extremos pluviométricos en la cuenca del lago de Valencia, Venezuela* [10], *Estrategias de gestión para la sustentabilidad ambiental* [11], *Ingeniería de riego y drenaje* [12].

Le siguió en la edición de la revista el Dr. *Francisco Arteaga*, quien fue editor en jefe desde el año 2003 hasta 2008. Durante esta etapa, el Dr. *Arteaga* logró formalizar la periodicidad cuatrimestral; además, *Revista Ingeniería UC* alcanzó la indización en Revencyt, IET Inspec, Redalyc, Lat*i*ndex, y otros índices internacionales. Entre sus principales publicaciones resaltan *Modelación y simulación de la velocidad de viento por medio de una formulación estocástica* [13], *Implementación del algoritmo PID adaptativo para controlar temperatura a través del computador usando algoritmos genéticos* [14], *Stabilization of the Acrobot System Using the IDA-PBC Approach*[15].

Desde el año 2009 hasta 2018, la Dra. *Lisbeth Manganiello*, pasa a ser la cuarta editora en jefe de *Revista Ingeniería UC*. Al inicio de ese período la revista toma el formato de edición en LaTeX, de esta forma continúa su proceso de actualización, son fijados los estándares de calidad en las citas bibliográficas y en los textos conforme a las exigencias de revistas científicas internacionales. Toma un auge las publicaciones de los mejores trabajos de grados de la facultad seleccionados por cada una de las diferentes escuelas de ingeniería; conjuntamente, con la mayor divulgación y visibilidad internacional de la revista, una gran cantidad de autores nacionales e internacionales solicitan la publicación de sus artículos en este medio. Destaca que como consecuencia del logro de esta tarea, *Revista Ingeniería UC* es incluida en los índices de EBSCO y ESCI, alcanzando su consolidación al ser parte de la *Web of Science*.

La dilatada trayectoria como investigadora de la Dra. *Manganiello* es mostrada por sus productos, entre los cuales sobresalen *A Method for Screening Total Mercury in Water Using a Flow Injection System with Piezoelectric Detection* [16], *Monitoring Inorganic Mercury and Methylmercury Species with Liquid Chromatography-Piezoelectric Detection* [17], *Automatic Microgravimetric Determination of Fats in Milk Products by use of Supercritical Fluid Extraction with on-line Piezoelectric Detection* [18], *The Chemical Sensors and Their Utility in the Monitoring of Polluting Gases* [19], *Use of Wavelet Transform to Enhance Piezoelectric Signals for Analytical Purposes* [20].

En la actualidad el Dr. *Ángel Almarza* es el editor en jefe desde el año 2019, destaca su espíritu colaborativo y su amplia labor en estos tres años, donde ha mantenido un proceso constante de actualización de *Revista Ingeniería UC*, ha realizado los marcadores XML de cada publicación; además, ha ampliado los índices para mayor visibilidad de las publicaciones. Sus principales productos científicos son *Development of a Software to Obtain a System of Linear Equations from a Vectorized Fluid Network* [21], *Operation Variables Evaluation of Vertical Evaporators via a Computational Tool* [22], *Exergetic and thermoeconomic steam systems assessment. A computer tool applied in the framework of the management of energy* [23].

Revista Ingeniería UC es patrimonio de todos los profesores e investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo; además, la revista es un ejemplo del esfuerzo y la constancia de cada uno de los diferentes investigadores que han conformado la junta editorial de la revista, representa el logro de una facultad, de una universidad y por ende de un país. Sus frutos traspasan fronteras y en el espectro mundial de las publicaciones científicas de calidad la revista hace brillar a toda la academia venezolana. La Figura 2 muestra la portada actual de su ejemplar correspondiente al periodo de enero a abril del 2021 y la Figura 3 los índices en los cuales se encuentra indizada actualmente. La página web es http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/.

El trabajo de Vega y Nazar† [24] muestra los principales repositorios internacionales (aparte de los índices) que han acogido a *Revista Ingeniería UC* en sus bases de datos.



Figura 2: Portada de número de *Revista Ingeniería UC*, publicado en abril de 2021

Figura 3: Índices en los cuales está *Revista Ingeniería UC*

4. Consideraciones actuales para la difusión del conocimiento

La revista cubre los tres ambientes espaciales; local, al difundir los resultados de todo el personal de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, nacional, al comunicar productos de investigación de las diferentes universidades y centros de investigación de Venezuela e internacional, al publicar productos de colaboradores de otros países. La visibilidad y calidad de una revista científica cuya meta es difundir la ciencia desarrollada en sus tres ambientes local, nacional e internacional es medida por la facilidad con la cual cualquier investigador puede acceder a sus publicaciones. La viabilidad de visualizar los resultados favorece a los investigadores, autores y lectores, pero en forma creciente favorece a la visibilidad de la institución y del país en los aspectos científicos y tecnológicos.

En esta era de la información en línea es necesaria la difusión de los resultados por todos los medios posibles, y es tarea de los editores incluir a las revistas en la mayor cantidad de índices posibles, lo cual exige cumplir con criterios crecientes de alto estándar. Adicionalmente, el criterio de *ciencia abierta* impulsa a la divulgación de los resultados en las diferentes redes profesionales y sociales, como fue comentado en los *aspectos fundamentales* (Sección 2). Cuando un investigador incluye sus resultados publicados en *ResearchGate* o en *Linkedin* le da mayor visibilidad a sus productos a nivel de especialistas.

De la misma forma, los editores comunican las publicaciones en *Twitter*, *Facebook*, *Instagram* y otras redes sociales, pero esa labor también la están haciendo los coordinadores de los repositorios institucionales de las revistas universitarias. En todo caso, la comunicación en redes sociales debe presentar el enlace al lugar donde el artículo está publicado. Esta labor continua la está realizando todo el equipo de trabajo de *Revista Ingeniería UC*.

Las ideas de *ciencia abierta* no permiten cobrar a los autores por gastos de edición ni a los lectores por la lectura y uso de los artículos; en consecuencia, el financiamiento de las publicaciones es otra tarea colosal. *Revista Ingeniería UC* está patrocinada por la colaboración de los miembros del comité editorial y por diversos investigadores en una forma *altruista*. Además, los costos de divulgar los resultados están incrementándose cada día más por las exigencias de editar tanto en versión pdf imprimible, como en versión en línea en formato html y XML, los cuales pueden ser leídos desde cualquier dispositivo electrónico. Por lo tanto, es necesario que los entes administrativos, organismos superiores y ministerios verifiquen la calidad, visibilidad y difusión de las revistas científicas para incluirlas en sus presupuestos.

5. Conclusiones

Con esta reseña los autores muestran que una publicación de calidad científica puede ser realizada cuando es una meta institucional del ente editor. El trabajo en equipo, la selección por parte de las autoridades de editores de reconocida trayectoria científica; además de una mística de trabajo y compromiso por parte de todo el cuerpo editorial son la clave para posicionar en los más altos estándares académicos una revista científica, un esfuerzo que debe ser agradecido.

Por último es necesario trabajar en un plan de financiamiento adecuado para las revistas científicas a fin de aumentar la visibilidad de nuestros investigadores, instituciones y el país.

Dedicatoria

Los autores desean dedicar el presente trabajo al Prof. José Luis Nazar Álvarez†, Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo en el periodo comprendido desde el año 2009 al 2020. El Prof. Nazar dedicó sus esfuerzos a incorporar autores noveles a *Revista Ingeniería UC*, como parte de su política de apertura, para incentivar la cultura de publicar en cada uno de los profesores de la facultad, especialmente de todos aquellos de nuevo ingreso [25, 26].

Referencias

[1] R. Pire. La importancia de las revistas científicas universitarias y la necesidad de su financiamiento. *Compendium*, 18(35):(Editorial), 2015.

[2] ROM. La importancia de las revistas científicas. Una nueva era para la *Revista Odontológica Mexicana*. *Revista Odontológica Mexicana*, 23(1):(Editorial), 2019.

[3] C. Lameda, L. Suárez G., R. Uzcátegui V. y C. Zambrano G. Importancia de publicar artículos científicos desde las perspectivas individual, de las organizaciones y la sociedad. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 5(4):914–927, 2015.

[4] J. Jiménez B. La necesidad de las publicaciones científicas: Revisión, calidad, control y acceso. *Revista Española de Bioética EIDON*, 49:88–101, 2018.

[5] A. Alonso y R. Aleixandre B. Importancia para una revista científica de encontrarse incluida en las grande bases de datos internacionales. *Revista de Patología Respiratoria*, 15(4):101–103, 2012.

[6] D. Castellanos G. *La ecuación de onda, las transformaciones de Lorentz y el principio de Huyghens*. Ediciones Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 1977.

[7] D. Castellanos and W.E. Rosenthal. Rational Chebyshev Approximations of Analytic Functions. *The Fibonacci Quarterly*, 31(3):205–215, 1993.

[8] D. Castellanos G. *Crónicas de Manantial*. Ediciones Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 1995.

[9] J.E. Guevara B., C.E. Vega, and E. Guevara P. Stochastic Analysis of a Monthly Flows Time Series. Study Case: Caroní River Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 17(1):46–54, 2010.

[10] F. Paredes-Trejo, E. Guevara P. y H Barbosa-Alves. Tendencia de la precipitación estacional e influencia de El Niño–Oscilación austral sobre la ocurrencia de extremos pluviométricos en la cuenca del lago de Valencia, Venezuela. *Tecnología y ciencias del agua*, 6(6):33–48, 2015.

[11] E. Guevara P. Estrategias de gestión para la sustentabilidad ambiental. *Ingeniería industrial. Actualidad y nuevas tendencias*, 3(8):83–92, 2012.

[12] E. Guevara P. *Ingeniería de riego y drenaje*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 1990.

[13] F.M. González L., O. Amaya, M. Cooz, L. Duran, C, Peraza, F.J. Arteaga y C. Villanueva. Modelación y simulación de la velocidad

de viento por medio de una formulación estocástica. *Revista Ingeniería UC*, 14(3):7–15, 2007.

[14] S. Aguilar, A. Fuentes, F. Arteaga, J. Castellanos y J. Rivas. Implementación del algoritmo PID adaptativo para controlar temperatura a través del computador usando algoritmos genéticos. *Revista Ingeniería UC*, 7(2), 2000.

[15] A. Morillo P. y F. Arteaga. Stabilization of the Acrobot System Using the IDA-PBC Approach. *Revista Ingeniería UC*, 14(3):30–40, 2007.

[16] L. Manganiello, A. Ríos, and M. Valcárcel. A Method for Screening Total Mercury in Water Using a Flow Injection System with Piezoelectric Detection. *Analytical Chemistry*, 74(4):921–925, 2002.

[17] B. Palenzuela, L. Manganiello, A. Ríos, and M. Valcárcel. Inorganic Mercury and Methylmercury Species with Liquid Chromatography-Piezoelectric Detection. *Analytica Chimica Acta*, 511(2):289–294, 2004.

[18] L. Manganiello, A. Ríos, and M. Valcárcel. Automatic Microgravimetric Determination of Fats in Milk Products by use of Supercritical Fluid Extraction with on-line Piezoelectric Detection. *Journal of Chromatography A*, 874(2):265–274, 2000.

[19] L. Escalona, L. Manganiello, M. López-Fonseca, and C. Vega. The Chemical Sensors and Their Utility in the Monitoring of Polluting Gases. *Revista Ingeniería UC*, 19(1):74–88, 2012.

[20] L. Manganiello, C. Vega, A Ríos, and M. Valcárcel. Use of Wavelet Transform to Enhance Piezoelectric Signals for Analytical Purposes. *Analytica Chimica Acta*, 456(1):93–103, 2002.

[21] A. Bolívar and A.D. Almarza. Development of a Software to Obtain a System of Linear Equations from a Vectorized Fluid Network. *Revista Ingeniería UC*, 23(1):2–21, 2016.

[22] J. Yaguaratty, V. Hurtado, A. Bolívar, and A.D. Almarza. Operation Variables Evaluation of Vertical Evaporators Via a Computational Tool. *Revista Ingeniería UC*, 25(2):149–157, 2018.

[23] V. Hurtado and A.D. Almarza. Exergetic and Thermoeconomic Steam Systems Assessment. A computer Tool Applied in the Framework of the Management of Energy. *Revista Ingeniería UC*, 21(2):27–34, 2014.

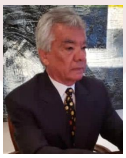
[24] C. Vega and J.L. Nazar. National and International Position of *Revista Ingeniería UC*. *Revista Ingeniería UC*, 22(3):112–116, 2015.

[25] J. L. Nazar, A.D. Almarza y L. Manganiello. Editorial. *Revista Ingeniería UC*, 27(1):2–3, 2020.

[26] A.D. Almarza. Homenaje póstumo al Prof. José Luis Nazar Álvarez. *Revista Ingeniería UC*, 27(1):4–5, 2020.

Breve reseña de los autores

Prof. Víctor Reyes Lanza



Ingeniero electricista.
Magister en Ciencias políticas
Profesor Titular UC.
Tres veces Decano de la Facultad de Ingeniería UC.
Fundador de la *Revista Ingeniería UC*.
Vicerrector Administrativo UC.
Profesor en pre y posgrado UC y UAM.

Prof. Cristóbal Vega



Profesor Matemáticas.
Doctor en Estadística
Profesor Titular UC.
Miembro permanente del cuerpo editorial de la *Revista Ingeniería UC*.
Investigador emérito IMYCA.
Investigador contratado CNTQ e IVIC.
Profesor en posgrado UC e IESIP.
Bibliografía disponible en Google Académico, ReseachGate y ORCID.

Ciencia y Tecnología

Article:

Chemical Characterization of Biofertilizer Obtained from Poultry Waste Generated in the *Piedras Azules* Agricultural Fund

G. A. Araujo M.[1], C. R. Rosales S.[1], K. Román[2], J. J. Medina B.[1*]

[1]Laboratorio de Polímeros, Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

[2]Departamento de Química, Estudios Básicos, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Recibido: marzo, 2021
Aceptado: abril, 2021
Autor para correspondencia: J. Medina e–mail: polimerosciquc@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4957901

Abstract

The goal was to characterize a biofertilizer obtained by anaerobic digestion of the poultry waste generated in the *Piedras Azules* agricultural fund. For this, the physicochemical characteristics of the manure collected from the farm were determined. Subsequently, the chicken manure was digested. Then, the biofertilizer was characterized, and its germination power was compared with a commercial fertilizer. The results indicate that chicken manure contains 12.27 ± 0.05 % moisture, 77 ± 1 % organic carbon, 2.42 ± 0.01 % N, 0.31 ± 0.01 % P, 1.48 ± 0.01 ppm K_2O, 2.02 ± 0.01 ppm CaO, 0,90 ± 0.01 ppm of MgO and 0.21 ± 0.01 ppm of Zn. Anaerobic digestion was carried out in a time of 44 days, using a C/N proportion of 31.8 and a ratio between organic matter and water of 1/4. Regarding the characteristics of the biosol obtained, 1.07 ± 0.01 % N, 0.22 ± 0.01 % P, 1.95 ± 0.01 ppm K_2O, 0.88 ± 0.01 ppm CaO, 0.21 ± 0.01 ppm MgO, 0.22 ± 0.01 ppm Zn were obtained, and a germination percentage of 100 % compared to 88.88 % of commercial fertilizer.
Keywords: chicken manure; poultry waste; anaerobic biodigestion; biofertilizer.

Artículo:

Caracterización química de biofertilizante obtenido de los desechos avícolas generados en el fundo agropecuario *Piedras Azules*

Resumen

La meta fue caracterizar un biofertilizante obtenido mediante digestión anaeróbica de los desechos avícolas generados en el fundo agropecuario *Piedras Azules*. Para esto, se determinó las características fisicoquímicas de la gallinaza recolectadas en el fundo. Posteriormente, se realizó la digestión de la gallinaza, y se caracterizó el biofertilizante. Luego, se comparó su poder de germinación con un fertilizante comercial. Los resultados indican que la gallinaza contenía 12,27 ± 0,05 % de humedad, 77 ± 1 % de carbono orgánico, 2,42 ± 0,01 % de N, 0,31 ± 0,01 % de P, 1,48 ± 0,01 ppm de K_2O, 2,02 ± 0,01 ppm de CaO, 0,90 ± 0,01 ppm de MgO y 0,21 ± 0,01 ppm de Zn. La digestión anaeróbica se llevó a cabo en un tiempo de 44 días, empleando una relación C/N de 31,8 y una proporción entre la materia orgánica y agua de 1/4. En cuanto a las características del biosol resultante, se obtuvo 1,07 ± 0,01 % de N, 0,22 ± 0,01 % de P, 1,95 ± 0,01 ppm de K_2O, 0,88 ± 0,01 ppm de CaO, 0,21 ± 0,01 ppm de MgO, 0,22 ± 0,01 ppm de Zn, y un porcentaje de germinación del 100 % en comparación con 88,88 % del fertilizante comercial.
Palabras clave: gallinaza; desechos avícolas; biodigestión anaeróbica; biofertilizante.

1. Introducción

La agropecuaria *Piedras Azules* fue fundada en el año 2002, en el sector Parapara del municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico, con una superficie de 300 hectáreas, cuenta con diversas áreas de producción que abarcan los sectores avícola, agrícola, productos lácteos, carne de vacuno, porcinos, entre otros. El sistema de producción avícola está constituido por cuatro galpones, cada uno de ellos aloja 39.000 gallinas, distribuidas en 9 filas de jaulas, con sus respectivos canales inferiores de cemento en los cuales se depositan los excrementos de las aves. Estos excrementos reciben el nombre de *gallinaza* [1].

El fundo posee diferentes fuentes de generación de desechos orgánicos, tanto vegetales como animales, tales como restos de la poda de plantas, desechos de las aves, entre otros. Sin embargo, el interés de este trabajo está centrado en los desechos provenientes del proceso de crianza avícola, los cuales están constituidos por la gallinaza que se encuentra mezclada con plumas de aves y cáscara de huevos.

Es de hacer notar que, la avicultura es una de las ramas de la producción animal de mayor importancia a nivel mundial, debido a que contribuye a satisfacer las necesidades proteicas de la población. En los últimos años, se ha incrementado la producción anual de gallinas, lo que ha generado como consecuencia un aumento en la cantidad de gallinaza. El principal uso que se le da a este desecho, es como fertilizante orgánico, además de ser utilizado como ingrediente en las dietas para animales de granjas y como sustrato para la generación de metano.

En Venezuela, el interés del sector avícola se enfoca en la producción de gallinas para el consumo humano, y la manipulación de los desechos generados no es un tema de interés, sino por el contrario es obviado y muchas veces termina causando afecciones a las comunidades adyacentes a los centros de producción. En el estado Guárico, se evidencia una notoria falla en el servicio de recolección de residuos orgánicos, observándose apilamientos en terrenos baldíos; y en otros casos, quema indiscriminada de éstos, generalmente producto del desconocimiento de opciones alternas que resultan ser menos contaminantes.

La *gallinaza* posee alto contenido de humedad, altos niveles de nutrientes como nitrógeno, presente en forma de amonio y/o amoníaco; fósforo y potasio, cantidades variables de sulfuros, sulfatos y minerales. Diversos autores han estimado que cada 24 horas una gallina produce entre 135 y 150 gramos de excretas; la cantidad y características dependen de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves [2].

Por su parte, los biofertilizantes se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como estiércoles de animales, plantas verdes y frutos. La fermentación puede ocurrir con la presencia de oxígeno, caso en el cual se llama aeróbica, o sin su presencia, denominada anaeróbica. Los abonos orgánicos, por las propias características en su composición, enriquecen al suelo, modificando algunas propiedades tales como pH, disponibilidad del fósforo, calcio, magnesio y potasio, haciéndolo eficaz para el buen desarrollo y rendimiento de los cultivos [3].

Los residuos orgánicos que se incorporan al suelo son sometidos a diversos procesos de modificación, dando como resultado productos o biofertilizantes de diferente composición química. La transformación de éstos, conlleva a la realización de algunas técnicas, como la implementación de un biodigestor para producir biogás y bioabono. Un biofertilizante debe contener elementos primarios como el nitrógeno, que permite a las plantas, librarse de las enfermedades del suelo, el fósforo el cual favorece el crecimiento rápido de las raíces y tallos; y por último, el potasio le provee resistencia y robustez a la planta [4].

En virtud de lo señalado anteriormente, se planteó como objetivo caracterizar un biofertilizante obtenido mediante digestión anaeróbica de los desechos avícolas del fundo agropecuario *Piedras Azules*, como alternativa para la disminución del impacto ambiental que ocasiona la acumulación a cielo abierto de estos desechos. Por lo tanto, el trabajo realizado es altamente pertinente en los objetivos del desarrollo autosustentable.

2. Metodología

La gallinaza fue recolectada en la granja de gallinas ponedoras del fundo agropecuario *Piedras Azules*, ubicado en el municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico. El muestreo fue aleatorio simple como indica la norma COVENIN 1769-81 [5]. Las muestras se almacenaron en bolsas plásticas y se trasladaron al Laboratorio de Polímeros del Centro de Investigaciones Químicas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo.

De la muestra se retiraron plumas de gallinas, rocas pequeñas, lombrices, bachacos y restos de cáscaras de huevos. Luego, previo a su reserva en bolsas de plástico para su tratamiento, la muestra fue cernida como describe FONAJAP [6]. Para esto, se pesó 0,50 ± 0,01 g de muestra, se añadió 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y se calentó a ebullición hasta sequedad. Luego, se adicionó 2 mL del mismo ácido a concentración 2 N para disolver las partículas restantes. Posteriormente, se filtró y se diluyó con agua destilada hasta 250 mL en un balón aforado.

Para la caracterización de la gallinaza y el biofertilizante obtenido fueron realizadas diferentes pruebas de laboratorio en las que se determinó el contenido de elementos primarios N, P, K; de secundarios Ca, Mg; de metal pesado Zn; y de carbono orgánico. También, fue cuantificado el contenido de humedad y el pH. Los análisis se realizaron por triplicado.

El nitrógeno fue analizado en el Laboratorio Ambiental Aragua de la Dirección Estadal para el Eco-socialismo ubicado en Maracay estado Aragua, empleando el método de *Kjeldahl*, descrito en *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* en la norma 4500-N C [7], utilizando un bloque digestor marca *Gerhardt* y un equipo destilador de vapor *Kjeltec system* marca *Tecator*.

La medida de carbono total se realizó mediante titulometría y la de humedad por la técnica de gravimetría. El calcio, magnesio, zinc y potasio fueron determinados según norma la COVENIN [5], la concentración de los cationes en los sobrenadantes fue cuantificada en un espectrofotómetro Perkin-Elmer modelo 3100 y el porcentaje de fósforo total usando digestión ácida [7].



Figura 1: Prototipos de biodigestor vacíos (izquierda). Prototipo de biodigestor cargado y cerrado herméticamente (derecha)

Para la transformación de la gallinaza, se construyó un biodigestor, empleando un envase plástico de capacidad de 4 L, una llave de paso, un termómetro, un recolector de orina, manguera, virutas de hierro y pega de acrílico; luego de cargado el biodigestor, se cerró herméticamente, tal como se muestra en la Figura 1. Después inició el proceso de digestión anaeróbica por 44 días, con medición de temperatura y pH diario durante los primeros 15 días, y luego cada 2 o 3 días hasta el desmontaje.

Para la comparación del biosol obtenido con los de tipos comercial, se llevó a cabo una búsqueda de los fertilizantes orgánicos producidos a nivel nacional, de origen vegetal y animal, disponibles en los establecimientos. Para esto, se tomó en cuenta las condiciones y características fisicoquímicas (pH, nitrógeno total, potasio, fósforo, magnesio, calcio y zinc) de los mismos para encontrar analogías entre el producto elaborado y los existentes. Luego, se colocaron 2 macetas con semillas de caraotas negras (*Phaseolus vulgaris*) y se realizó un seguimiento del tiempo de germinación.

3. Resultados y discusión

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos en la caracterización de la gallinaza recolectada en el fundo agropecuario *Piedras Azules*. Se observa que el pH fue de 8,12 ± 0,01 lo que indica que presenta un carácter alcalino, con una humedad de 12,27 ± 0,05 % la cual está asociada al tipo de almacenamiento; estos valores se encuentran dentro del rango reportado por diversos autores [8, 9]. Con respecto al carbono orgánico, la muestra presenta un valor de 77 ± 1 %, el cual es superior al reportado

Tabla 1: Características fisicoquímicas de las muestras de gallinaza

Parámetro	Resultado obtenido	Valor referencial	
pH (pH ± 0,01) adim	8,12	(8-9)	[8]
Humedad (hum ± 0,05) %	12,27	(7-80)	[9]
Carbono orgánico (C ± 1) %	77	40	[10]
Nitrógeno (N ± 0,01) %	2,42	(1,4-2,1)	[8]
Fósforo (P ± 0,01) %	0,31	2,75	[10]
Potasio (K_2O ± 0,01) ppm	1,48	1,90	[8]
Calcio (CaO ± 0,01) ppm	2,02	5,70	[8]
Magnesio (MgO ± 0,01)ppm	0,90	5,00	[8]
Zinc (Zn ± 0,01) ppm	0,21	0,59	[9]

por Cordero [10]; esta diferencia puede ser generada por la presencia de trazas de otros componentes que aumentan la cantidad de materia orgánica en la gallinaza; y por tanto, el contenido de carbono.

En relación a los elementos primarios (N, P, K), se encontró que contiene un porcentaje de nitrógeno (N) del 2,42 ± 0,01 % que supera levemente al reportado en la bibliografía [8]; además, de 0,31 ± 0,01 % de fósforo (P) y 1,48 ± 0,01 ppm de potasio (K_2O). Los valores de estos dos elementos son menores a los citados. Es de resaltar que, las gallinas poseen un rendimiento digestivo bajo, por lo que la absorción de los elementos que ingieren es mínima y terminan formando parte de sus excretas. Por tanto, se indica que la diferencia entre los valores obtenidos con respecto a los valores bibliográficos está asociada a la composición del alimento que consumen, así como a las condiciones de recolección y almacenamiento de las muestras analizadas [10].

En cuanto a los elementos secundarios (Ca, Mg) se determinó que posee un contenido de calcio de 2,02 ± 0,01 ppm y de magnesio 0,90 ± 0,01 ppm. Estos valores son menores en el 64,6 % y 82,0 % respectivamente a los reportados [8]. En tanto que para el metal pesado (Zn), la muestra contiene 0,21 ± 0,01 ppm. Tal como se señaló anteriormente, la discrepancia con los valores reportados, está relacionada al tipo de alimento consumido por la gallina, la edad, la cantidad de alimento desperdiciado, además de las condiciones de recolección y almacenamiento [9].

En función de los resultados, las características fisicoquímicas que presenta la gallinaza son adecuadas. Por tanto, este residuo orgánico puede ser aprovechado como materia prima en un proceso de obtención de un biofertilizante orgánico.

Para la obtención del biofertilizante, se tomó en cuenta algunas referencias para llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia de la gallinaza, con el fin de asegurar el ciclo biológico de los microorganismos dentro del biorreactor [12]. Los parámetros establecidos para llevar a cabo la biodigestión están en la Tabla 2.

La relación carbono/nitrógeno determinada fue de 31,8. Este valor está levemente por encima del rango reportado en la bibliografía [11], quien indica que el carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. Es de resaltar que, cuando la relación C/N es 10:1 hay pérdidas de nitrógeno asimilable, lo cual reduce la cantidad del material digerido; pero si la relación es de 40:1, entonces se inhibe el crecimiento de los microorganismos debido a la falta de nitrógeno [12]. En este sentido, se considera adecuada la relación obtenida de C/N para llevar a cabo el proceso de digestión.

Con respecto a la proporción entre la materia orgánica y el agua, se fijó en 1:4; es decir, una parte de gallinaza por cuatro de agua. Esta relación se consideró adecuada pues se encuentra en el rango señalado por Carhuancho [9]; este autor resalta que no es recomendable que la carga a degradar este muy concentrada ni muy diluida. Alvarado [12] afirma que cuando la mezcla tiene baja concentración se desfavorece el proceso que se lleva a cabo en el biodigestor.

El tiempo de retención fue establecido en un periodo de 44 días, levemente superior al señalado en la bibliografía [12], este autor también acota

Tabla 2: Parámetros establecidos para la obtención de biofertilizante

Parámetro	Resultado obtenido	Valor referencial	
Relación C/N (C/N ± 0,5) adim	31,8	(20-30)	[11]
Relación materia orgánica-agua (MO/H2O) adim	1/4	(1/3-1/5)	[9]
Tiempo de retención (*tr*) días	44	(10-40)	[12]

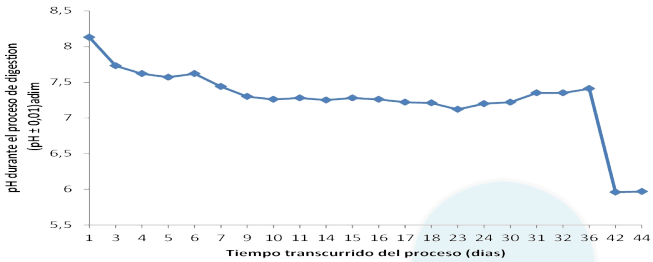


Figura 2: Comportamiento del pH durante el proceso de biodigestión, en función del tiempo transcurrido (días)

que se ha observado que para tiempos largos de retención existe un rendimiento bajo de biogás, con resultados favorables en cuanto al biofertilizante, el cual presenta excelentes características como fuente de nutrientes. En consecuencia, el biodigestor fue cargado con la mezcla y sellado, para evaluar el desarrollo del proceso mediante el seguimiento del pH y la temperatura. Los resultados obtenidos se reflejan en las Figuras 2 y 3.

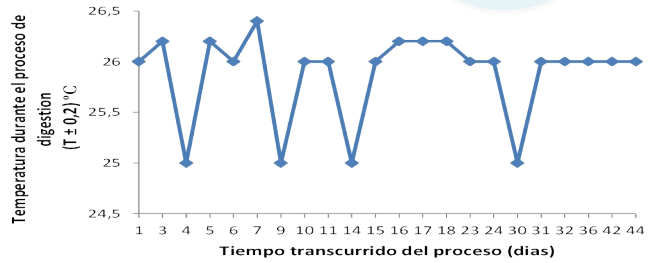


Figura 3: Comportamiento de la temperatura durante el proceso de biodigestión, en función del tiempo transcurrido (días)

En lo que se refiere al pH, el proceso inició con un valor de 8,13 ± 0,01 y después de la digestión bajó a 5,97 ± 0,01, lo que indica una variación con tendencia a la acidez durante la fermentación. Este resultado de pH inhibe toda la actividad de los microrganismos patógenos del biofertilizante obtenido [12]. La disminución paulatina del pH, es debida a la acumulación de ácidos grasos volátiles que se da durante la fase de hidrólisis seguido por la acidogénesis; lo que a su vez, conlleva a una descompensación entre las fases ácidas y metanogénicas [9].

La temperatura del proceso osciló entre 24,5–26,5 °C, que de acuerdo a lo expuesto en la bibliografía [15] está dentro del rango donde actúan los microorganismos mesofílicos (25–45 °C). Es importante recordar que esta variable guarda relación con los tiempos que debe permanecer la masa dentro del biodigestor para completar su degradación.

La Tabla 3 muestra los valores de la caracterización del biosol obtenido. En ella, se observa que el pH final fue de 5,97 ± 0,01, este valor se encuentra por debajo a lo establecido en la bibliografía [13].

Con respecto a los macroelementos (N, P, K), se observó que el biosol contiene 1,07 ± 0,01 % de nitrógeno, 0,22 ± 0,01 % de fósforo y 1,95 ± 0,01 ppm de potasio, valores inferiores a los establecidos en la bibliografía [13]. Es de hacer notar, que el nitrógeno orgánico se hidroliza durante el proceso anaeróbico, dando lugar a formas amoniacales, lo que ocasiona que durante el proceso de digestión, la materia orgánica se mineraliza, y disminuya el nitrógeno orgánico presente. Referente al contenido de fósforo, resulta menor en cuanto al existente en la gallinaza. Por otra parte, la cantidad de potasio es mayor comparado con la gallinaza, significando que los compuestos encontrados en el agua permitieron la formación de precipitados [9, 16].

En cuanto a los micronutrientes (Ca y Mg), el biosol contiene 0,88 ± 0,01 ppm de Ca y 0,21 ± 0,01 ppm de Mg. Estos valores, se encuentran por debajo del límite establecido en la norma

Tabla 3: Características fisicoquímicas de biosol obtenido, biofertilizante comercial y valores de referencia

Parámetro	Biosol obtenido	Biofertilizante comercial sólido	Valor referencial	
pH (pH ± 0,01) adim	5,97	8,8	7,6	[13]
Nitrógeno (N ± 0,01) %	1,07	1,01	2,7	[13]
Fósforo (P ± 0,01) %	0,22	0,54	1,6	[13]
Potasio (K_2O ± 0,01) ppm	1,95	0,036	0,280	[13]
Calcio (CaO ± 0,01) ppm	0,88	0,225	0,100	[14]
Magnesio (MgO ± 0,01)ppm	0,21	0,30	0,50	[14]
Zinc (Zn ± 0,01) ppm	0,22	0,66	0,50	[14]

COVENIN 1817:2000 [14]. Los bajos niveles de estos micronutientes es indicativo que el sustrato de partida posee insignificantes concentraciones de calcio y magnesio, como reporta Carhuancho [9].

Hay que destacar, que las propiedades fisicoquímicas del biosol obtenido son adecuadas y así como los parámetros de reacción en el biodigestor; es decir, de las características de la gallinaza y del agua. Alvarado [12] afirma que el agua facilita el medio donde se desarrollan todas las reacciones bioenergéticas y químicas de la digestión.

La Tabla 3 también expone la relación entre el biosol obtenido y un biofertilizante comercial sólido generado mediante la lombricultura que elabora la empresa *Fortaleza C.A*, en el municipio Peña, estado Yaracuy. Los valores de los diferentes parámetros evaluados del biosol están por debajo del biofertilizante comercial, excepto el valor del nitrógeno. Ahora bien, para realizar la comparación entre ambos fertilizantes, una prueba de germinación de semilla de caraota negra (*Phaseolus. vulgaris*) fue llevada a cabo. Para esto, semillas de caraota bajo condiciones iguales de riego, temperatura y luz fueron sembradas. El proceso fue monitoreado durante 15 días.

La Tabla 4 muestra las características del proceso de germinación de las caraotas negras (*Phaseolus vulgaris*). Se tomaron dos macetas; una (Maceta 1) con tierra abonada y biofertilizante comercial y otra (Maceta 2) con tierra abonada y biosol obtenido. En cada maceta fueron colocadas 9 semillas de caraotas negras. La germinación de las macetas al día 4 resultaron diferentes, algunos autores exponen que entre los factores que inhiben la velocidad de germinación de la semilla están los nutrientes que poseen los sustratos de las macetas y su composición química [17]. Diferencia mostrada en la Maceta 1 que al poseer mayor cantidad de fósforo y potasio ayuda al crecimiento no retrasado de las raíces [18]; por tanto, su porcentaje de germinación es mayor al finalizar el cuarto día.

Ahora bien, la Maceta 2 arrojó un porcentaje de germinación mayor al día 15. Esto es producto de que el biosol contiene mayor cantidad de nitrógeno en comparación con el biofertilizante comercial, siendo este macronutriente el constituyente esencial de las proteínas, involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y el responsable de la coloración verde de la hoja de la planta [18]. Esto último es resaltante, pues las hojas de la Maceta 1 durante la germinación se tornaron de color marrón.

Con respecto a los micronutrientes, estos requieren una atención y cuidado especial, porque hay un margen estrecho entre el exceso y la deficiencia en las necesidades de las plantas. En general, los microelementos son necesarios sólo en pequeñas cantidades [18]. La cantidad de micronutrientes fue suficiente para a cabo el proceso de germinación en la Maceta 2.

Por lo tanto, el biosol obtenido posee las características adecuadas para la germinación y desarrollo de un cultivo de caraotas negras (*Phaseolus vulgaris*), con mejores resultados a los obtenidos con el fertilizante comercial utilizado.

4. Conclusiones

Los desechos avícolas generados en el fundo agropecuario *Piedras Azules* presentan características adecuadas para ser utilizados como materia prima en la elaboración de un biofertilizante. La composición del biosol en relación a los resultados

Tabla 4: Características del proceso de germinación de las caraotas negras (*Phaseolus vulgaris*)

Maceta	1	2
Contenido	Tierra abonada y biofertilizante comercial	Tierra abonada y biosol obtenido
Cantidad de semillas sembradas	9	9
Cantidad total de semillas germinadas	8	9
Cantidad de semillas germinadas al inicio (día 4)	4	1
Porcentaje de Germinación al día 4 (%)	44,44	11,11
Porcentaje de Germinación total al día 15 (%)	88,88	100

obtenidos de los macronutrientes y microneutrientes fue sastisfactoria, reflejandose este hecho en la germinación del 100 % de las plantulas de *Phaseolus vulgaris* frente al 88,88 % donde se empleo un producto comercial. El aporte de esta investigación es una solución ecológica al tratamiento de residuos provenientes de estas industrias.

Agradecimientos

Los autores manifiestan su especial agradecimiento al personal docente y técnico que labora en el Laboratorio Ambiental Aragua de la Dirección Estadal para el Eco-socialismo por el apoyo brindado. A la Lic. Zuleima Pérez y al Lic. Juan Vicente Guerrero del Laboratorio Tecnológico del Ambiente (LABTA) por la colaboración prestada, y a la Ing. Herminia Arévalo del Laboratorio de Química General por su incondicional cooperación en el desarrollo de este trabajo.

Referencias

[1] G. Araujo and Rosales C. Aprovechamiento de los desechos avícolas generados en el fundo agropecuario piedras azules para la obtención de un biofertilizante. Trabajo especial de grado para optar al título de ingeniero químico, Escuela de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, 2018.

[2] E. Collins, J. Barker, L. Carr, H. Brodie, and J. Martin. *Poultry waste management handbook*. Plant and Life Sciences Publishing (PALS). Cornell University Library, Ithaca, New York, USA, 1999.

[3] A. Núñez, A. Rodríguezm, J. Medina y Paricaguan, B. Caracterización de fertilizante basado en el fosfito di ácido de potasio obtenido con diferentes agentes reductores metálicos. *Revista Ingeniería UC*, 24(3):365–371, 2017.

[4] J. Medina y B. Paricaguan. Caracterización química de tres residuos orgánicos provenientes del Hipódromo Nacional de Valencia. *Ingeniería y Sociedad*, 8(1):61–69, 2013.

[5] COVENIN. Frutas, tomas de muestras (norma 1769-81). Norma 1769-81, Comisión Venezolana de Normas Industriales, Caracas, Venezuela, 1981.

[6] FONAIAP, editor. *Manual de métodos y procedimientos de referencia*, chapter Plan extrainstitucional para uniformar procedimientos analíticos. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de agricultura y cría, 1990.

[7] L.S. Clesceri, A.E. Greenberg, A.D. Eaton, M.A.H. Franson, American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Number 20 in Standard Methods. American Public Health Association, 1998.

[8] B. Estrada. Manual del manejo, producción y comercialización de la gallinaza para uso agrícola. Trabajo especial de grado en ingeniería agrónoma, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2009.

[9] F. Carhuancho. Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en

biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. Trabajo especial de grado en licenciatura, Universidad Nacional Agraria, Perú, 2012.

[10] I. Cordero. Aplicación del biol a partir de residuos: ganaderos, de cuy y gallinaza, en cultivos de *raph.anus sativus l* para determinar su incidencia en la calidad del suelo para agricultura. Trabajo especial de grado en ingeniería, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, 2010.

[11] A Díaz. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Trabajo de maestría en suelos, Escuela de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2017.

[12] S. Alvarado. Elaboración de biol a partir de gallinaza y estiércol vacuno. Trabajo especial de práctica pre profesional, Laboratorio de Calidad y Tratamiento de Suelos, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú, 2018.

[13] S. Aparcana y A. Jansen. Estudio sobre el valor fertilizante de los productos del proceso fermentación anaeróbica para producción de biogás. Report BM-4-00-1108-1239, ProfEC GmbH, Wilhelmshaven, Alemania, 2008.

[14] COVENIN. Fertilizantes o abonos foliares (NORMA 1817:2000). FONDONORMA, Normas COVENIN, Venezuela, 200.

[15] N. Marti O. *Phosphorus Precipitation in Anaerobic Digestion Process*. Dissertation.com, Boca Raton, Florida, 2006.

[16] A Montoya. Características fisicoquímicas y microbiológicas del proceso de elaboración del biol y su efecto en germinación de semillas. Trabajo de maestría en suelos, Escuela de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú, 2017.

[17] A. Courtis. Germinación de semillas. Guía de estudio, Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste, 2013.

[18] FAO, Land and Water Division. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión, 4ta edición, Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y Agricultura (FAO), París, 2002.

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Grima et al, Vol. 7, Nro. 20, 9–15, enero–abril, 2021.

Article:

Cu_3TaTe_4: Synthesis, X-ray Diffraction, Scanning Electron Microscopy, and Diffuse Reflectance Measurements

P. Grima-Gallardo[1,2,3]*, L. Nieves[1,2,3], A. Velasquez[1,2], G.E. Delgado[4]

[1]Centro Nacional de Tecnologías Ópticas, Mérida, Venezuela

[2]Centro de Investigaciones de Astronomía, Mérida, Venezuela

[3]Centro de Estudios en Semiconductores, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

[4]Laboratorio de Cristalografía, Departamento de Química, Facultad de Ciencias Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela

Recibido: marzo 2021
Aceptado: abril 2021
Autor para correspondencia: P. Grima-G. e–mail: peg1952@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4968549

Abstract

In the present investigation Polycrystalline samples of Cu_3TaTe_4 were prepared by the melt and anneal method. X-Ray Diffraction (*XRD*) and Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) measurements were performed to verify the crystal structure and calculate the indirect and direct band gaps. The results showed a lattice parameter $a = 5.9082$ Å, a stoichiometry with a Ta deficit of 17.8 %, indirect bandgap $E_g^i = 0.38$ eV, and a direct gap $E_g^d = 2.38$ eV. The analyzes confirm that Cu_3TaTe_4 can be used as an *p*-type absorbent for thin film solar cells with the advantages that its elements have low toxicity and have lower costs than those used today.

Key words: Cu_3TaTe_4; diffuse reflectance; optical bandgap.

Artículo:

Cu_3TaTe_4: Medidas de síntesis, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y reflectancia difusa

Resumen

En la presente investigación fueron preparadas muestras policristalinas de Cu_3TaTe_4 por el método de fusión y recocido. Se realizaron medidas de difracción de rayos X (DRX) y espectroscopía de reflectancia difusa (*ERD*) para verificar la estructura cristalina y calcular las brechas de energía directa e indirecta. Los resultados mostraron un parámetro de red $a = 5,9082$ Å, una estequiometría deficitaria en Ta del 17,8 %, una brecha de energía indirecta $E_g^i = 0,38$ eV y una brecha de energía directa $E_g^d = 2,38$ eV. Los análisis confirman que el Cu_3TaTe_4 puede ser empleado como absorbente *p*-tipo para células solares de películas finas con las ventajas de que sus elementos presentan baja toxicidad y tienen costos menores a los empleados en la actualidad.

Palabras claves: Cu_3TaTe_4; reflectancia difusa; brecha óptica de energía.

1 Introduction

The sulvanite family of compounds, with chemical formula Cu_3-TM-VI_4, (TM is the transition metal V, Nb, or Ta and VI is S, Se, or Te), is composed of nine members; three sulfides: Cu_3VS_4, Cu_3NbS_4, Cu_3TaS_4; three selenides: Cu_3VSe_4, Cu_3NbSe_4, Cu_3TaSe_4; and three tellurides: Cu_3VTe_4, Cu_3NbTe_4, Cu_3TaTe_4. They are all semiconductors. As-growth samples show *p*-type electrical conductivity, high ionic mobility, low hole effective mass, high optical absorption in the visible and UV range, and optical bandgaps suitable for their use as an absorber layer in thin-film solar photovoltaic devices [1, 2].

Sulvanites crystallize in the cubic structure, space group (N 215), consisting of Cu, TM and VI atoms located at the atom-sites (Wyckoff coordinates): 3d $(0.5, 0, 0)$, 1a $(0, 0, 0)$ and 4e (u, u, u), respectively (Figure 1) [3, 4, 5], described for the first time by Pauling and Hultgren [6] for the natural mineral, Cu_3VS_4.

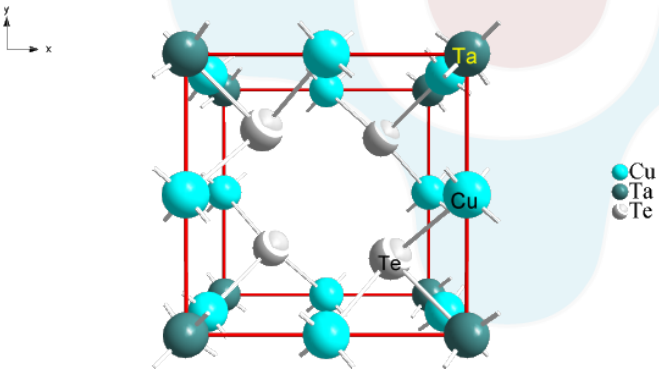


Figure 1: The unit cell of sulvanite Cu_3TaTe_4. Image created using Diamond software version 3.2e with lattice parameter $a = 6.025$ Å [7] and anion displacement $u = 0.2558$ [7]

Although this semiconductor family has been extensively studied by *ab initio* calculations [2]-[5], [7]-[17] experimental results are relatively scarce, in particular for Cu_3TaTe_4. The experimental value of the lattice parameter a for Cu_3TaTe_4 has been reported by Hulliger [18], Zitter *et al.* [19], and Li *et al.* [20] as 5.928 Å, 5.9283 Å, and 5.930(2) Å, respectively; in good agreement with theoretical calculations of Hong *et al.* (6.01 Å) [13] and Kehoe *et al.* (5.906 Å) [2], (6.033 Å) [9]. No experimental data for optical properties, as the bandgap (E_g), were found in the literature.

In this work, the measurement of the bandgap value for Cu_3TaTe_4 is reported for the first time. The bandgap is essential for applications in optoelectronic devices as light detectors and solar cells.

2 Experimental procedure

2.1 Synthesis

Polycrystalline samples of Cu_3TaTe_4 have been produced by the melt and anneal method as is described below. Starting materials (Cu, Ta, and Te) with nominal purity of 99.99 wt. % in the stoichiometric ratio were mixed in an evacuated (10^{-4} Torr) and sealed the quartz tube with the inner walls previously carbonized to prevent the chemical reaction of the elements with quartz. The quartz ampoule is heated until 723 K (melting point of Te) keeping this temperature for 48 h and shaking all the time using an electromechanical motor. This procedure guarantees the formation of binary species at low temperatures avoiding the existence of free Te at high temperatures, which could produce Te deficiency in the ingot. Then the temperature was slowly increased until 1423 K, with the mechanical shaker always connected for better mixing of the components. After 24 h, the cooling cycle begins until the anneal temperature (800 K) with the mechanical shaker is disconnected. The ampoule is keeping at the annealing temperature for 30 days to assure thermal equilibrium. Then the furnace is switching off, letting naturally cooling the ampoule to room temperature.

2.2 X-Ray Diffraction (XRD)

X-ray powder diffraction data were collected employing a diffractometer (Siemens D5005) equipped with a graphite monochromator (CuK_α $\lambda = 1.54059$ Å) at 40 kV and 20 mA. Silicon powder was used as an external standard. The samples were scanned from $10 - 100°$ 2θ, with a step size of 0.02° and counting time of 20 s. The Bruker analytical software was used to establish the positions of

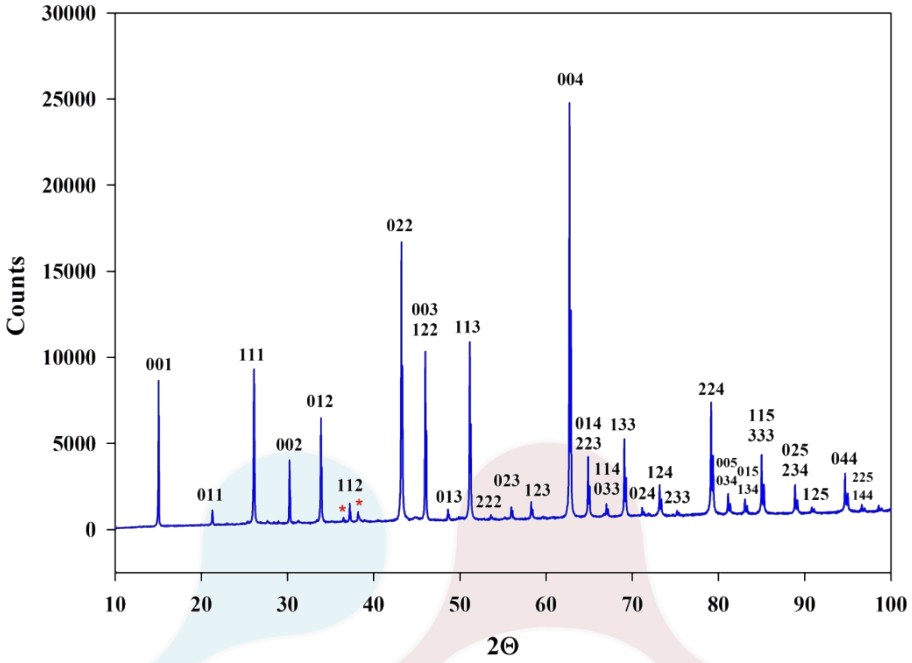


Figure 2: X-ray diffraction pattern of Cu_3TaTe_4. The numbers over the peaks correspond to the hkl-Miller indices. Red asterisks signal two unidentified peaks

the peaks from the CuKα_1 component and to strip mathematically the CuKα2 components from each reflection. The peak positions were extracted employing a single-peak profile fitting carried out through the Bruker DIFFRAC^{plus} software. Each reflection was modeled utilizing a pseudo-Voigt function.

2.3 Scanning Electron Microscopy (SEM)

Stoichiometric relations were investigated by scanning electron microscopy (SEM) technique, using Hitachi S2500 equipment. The microchemical composition was found by an energy-dispersive x-ray spectrometer (EDS) coupled with a computer-based multichannel analyzer (MCA, Delta III analysis, and Quantex software, Kevex). For the EDS analysis, K_α lines were used. The accelerating voltage was 15 kV. The samples were tilted 35 degrees. A standardless EDS analysis was made with a relative error of $\pm(5-10)$ % and detection limits of the order of 0.3 wt %, where the k-ratios are based on theoretical standards.

2.4 Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS)

Optical absorbance has been measured in the energy range 0.5 to 6 eV using Diffuse Reflectance Spectroscopy (DRS) technique using a UV-Visible-IR spectrophotometer equipped with a diffuse reflectance accessory (integrating sphere) capable of collecting the reflected flux. The sample was ground in an agate mortar to obtain a fine powder ($< 10\ \mu m$). Barium sulfate (Merck DIN 5033) was used as an internal standard.

3 Results and discussion

3.1 X-ray diffraction

Figure 2 shown the X-ray diffraction pattern. Using DIVOL06 software [21] the lattice parameter has been calculated as $a = 5.9082$ Å in good agreement with previous reports [22]. Traces of a secondary phase, signaled by red asterisks in Figure 2, are also observed; however, this phase cannot be unambiguously identified with the present information.

Table 1: Scanning Electron Microscopy (SEM) results for Cu_3TaTe_4

	Weight Concentration %			Atom Concentration %		
	Cu	Ta	Te	Cu	Ta	Te
Cu_3TaTe_4_pt1	23.35 ± 0.52	10.06 ± 0.25	66.59 ± 0.70	36.83 ± 0.83	10.85 ± 0.26	52.32 ± 0.55
Cu_3TaTe_4_pt2	23.19 ± 0.54	9.90 ± 0.25	66.91 ± 0.72	36.65 ± 0.85	10.70 ± 0.27	52.65 ± 0.57
Cu_3TaTe_4_pt3	24.31 ± 0.56	8.94 ± 0.23	66.76 ± 0.72	38.18 ± 0.88	9.60 ± 0.25	52.22 ± 0.57
Cu_3TaTe_4_pt4	23.48 ± 0.56	9.69 ± 0.17	66.83 ± 0.73	37.04 ± 0.88	10.45 ± 0.18	52.51 ± 0.58
Cu_3TaTe_4_pt5	23.05 ± 0.56	8.98 ± 0.16	67.97± 0.74	36.56 ± 0.88	9.75 ± 0.18	53.69 ± 0.58
Mean values	23.48	9.51	67.01	37.05	10.27	52.68

3.2 Scanning Electron Microscopy (SEM)

To verify the stoichiometry SEM measurements were performed. Figure 3 display the corresponding microphotography, indicating the five (5) points where the experimental stoichiometry was measured. Table 1 present the obtained values. The calculated nominal stoichiometry of Cu_3TaTe_4, in atom concentration, is Cu = 37.5 %, Ta = 12.5 %, and Te = 50.0 %; the porcentual deviations with respect to the mean experimental values are Cu = 1.2 %, Ta = 17.8 % and Te = 5.4 %.

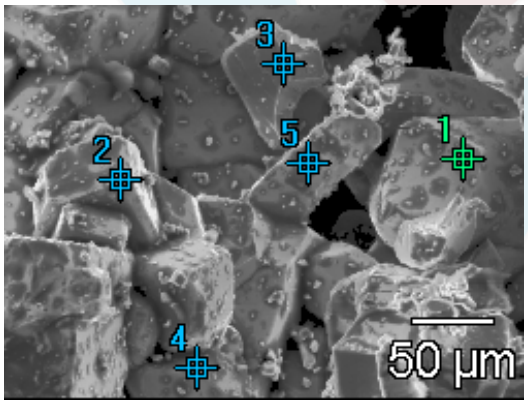


Figure 3: Microphotography of Cu_3TaTe_4. The numbers signal the points where the stoichiometry was measured in correspondence with Table 1

3.3 Diffuse reflectance

The optical absorption of Cu_3TaTe_4 was measured at ambient conditions using the diffuse reflectance technique [23] where the reflectance $F(R_\infty)$ is given by the Equation (1)

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R_\infty)^2}{2R_\infty} = F\left(R_\infty\right), \qquad (1)$$

K and S are the absorption and scattering coefficients of the sample, respectively; R_∞ is the reflectance, and $F(R_\infty)$ is usually termed the remission or Kubelka-Munk (K-M) function. Figure 4 show the (K-M) function for Cu_3TaTe_4.

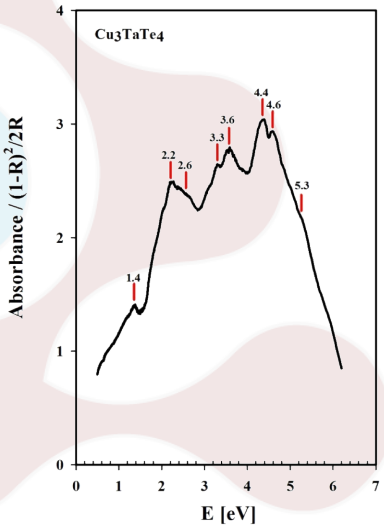


Figure 4: Experimental absorbance for Cu_3TaTe_4. The numbers correspond to the energies of the absorption bands

The experimental absorbance of Cu_3TaTe_4 in the energy interval $1 < E(eV) < 6$ shows several structures or energy bands that, in the absence of other experimental results, can be compared with calculations of Kehoe *et al.* [2], Ali *et al.* [7] and Espinoza *et al.* [8]. It is founding a relatively good agreement because the off-stoichiometric character of real samples is not properly represented in theoretical studies. It was postulated that intrinsic defects within the material affect the bandgap as measured by optical spectroscopy, something

that can be accounted for if excitonic effects were considered [1].

Concerning the energy gap, it is accepted that fundamental band gaps of all sulvanites are naturally indirect [9] because the conduction band minimum (CBM) is located at X point of the Brillouin Zone (BZ) while the valence band maximum (VBM) is located at R point of the BZ [7]. In consequence, indirect transitions are $R \rightarrow X$ type, whereas direct transitions (if they are not forbidden) are at X point.

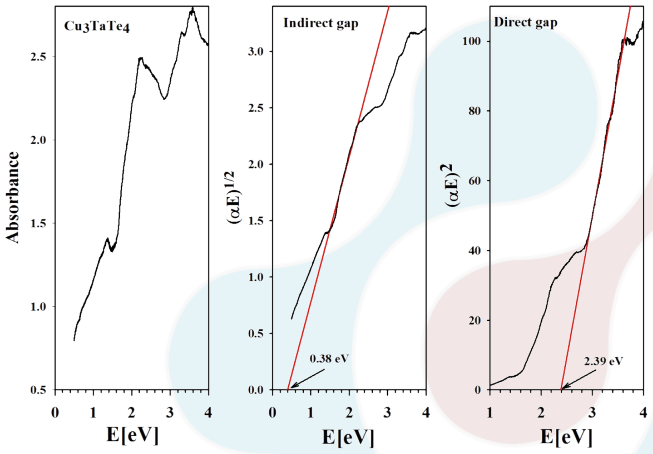


Figure 5: Absorbance (left), indirect (center), and direct (right) optical energy gaps of Cu_3TaTe_4

In Figure 5, using the absorption of Figure 4 and Tauc's plot method [24], direct (X) and indirect ($R \rightarrow X$) transitions values have been obtained founding $E_g^i = 0.38$ eV and $E_g^d = 2.39$ eV. The E_g^i results too much lower than those calculated theoretically. Usually, theoretical calculations produce values that are lower than experimental [7] in consequence the disagreement must become from the polycrystalline character of the sample. The fingerprint of cationic disorder is the broad shoulder in the direct gap curve of Figure 5. Defect states and phonon absorption produce an additional optical absorption at energies a little lower than the bandgap.

The direct gap E_g^d value is higher than those calculated as usually happens. However, the curve of E_g^d fits very well with Tauc's method clearly showing an absorption front. The bandgap of sulvanites increases with the atomic number of the chalcogen atom (S, Se, Te); and effectively, comparing the direct bandgap of Cu_3TaTe_4 (2.39 eV) (this work), Cu_3TaSe_4 (2.43 eV) [22], and Cu_3TaSe_4 (2.76 eV) [25], value of the present work accomplished the empirical rule.

Table 2: Comparative bandgaps values for Cu_3TaTe_4

E_g^i [eV]	E_g^d [eV]	Reference
1.11	1.69	Kahoe *et al.* [2]
1.112, 1.837, 0.972		Ali *et al.* [7]
1.171, 1.323		Hong *et al.* [13]
0.38	2.39	This work

In Table 2, the experimental values are compared with previous calculations.

4 Conclusion

Cu_3TaTe_4 has been synthesized by the melt-anneal method and characterized by DRX, SEM, and Diffuse Absorption. DRX and SEM show a polycrystalline sample with $a = 5.9082$ Å in agreement with previous reports and a stoichiometric deficit of Ta (17.8 %). The indirect and direct bandgaps were measured as $E_g^i = 0.38$ eV and $E_g^i = 2.39$ eV, respectively. These results confirm that Cu_3TaTe_4 may be a good candidate as p-type absorber material for thin-film solar cells with the advantages that their elements are not so toxic as Cd, less expensive than Ga, and more abundant than the rare In, materials that are extensively used in the actuality. Also, it can be used with window materials, as CdS with a lattice mismatch of only 1.53 %.

References

[1] R. Prado-Rivera, C.-Y. Chang, M. Liu, C.-Y. Lai, and D.R. Radu. Sulvanites: The Promise at the Nanoscale. *Nanomaterials*, 11:823, 2021. https://doi.org/10.3390/nano11030823.

[2] A. B. Kehoe, D. O. Scanlon, and G. W. Watson. The Electronic Structure of Sulvanite Structured Semiconductors Cu_3MCh_4 (M = V, Nb, Ta; Ch = S, Se, Te): Prospects

for Optoelectronic Applications. *Journal of Materials Chemistry C3*, C3(12236), 2015. https://doi.org/10.1039/c5tc02760h.

[3] M. A. Ali, N. Jahan, and A. K. M. A. Islam. Sulvanite Compounds Cu_3TMS_4 (TM = V, Nb, and Ta): Elastic, Electronic, Optical, and Thermal Properties using First-principles Method. *Journal Science Research*, 6(3):407–419, 2014. http://dx.doi.org/10.3329/jsr.v6i3.19191.

[4] W.F. Espinosa-García, C.M.Ruiz-Tobón, and J.M.Osorio-Guillén. The Elastic and Bonding Properties of the Sulvanite Compounds: A Girst-principles Study by Local and Semi-local Functionals. *Physica B: Condensed Matter*, 406(20):3788–3793, 2011. https://doi.org/10.1016/j.physb.2011.06.060.

[5] J.M. Osorio-G. and W.F. Espinosa-G. A First-principles Study of the Electronic Structure of the Sulvanite Compounds. *Physica B: Condensed Matter*, 407(6):985–991, 2012. https://doi.org/10.1016/j.physb.2011.12.126.

[6] P. Linus and H. Ralph. The Crystal Structure of Sulvanite, Cu_3VS_4. *Zeitschrift für Kristallographie – Crystalline Materials*, 84(1–6):204–212, 1993. https://doi.org/10.1524/zkri.1933.84.1.204.

[7] M.A. Ali, M. Roknuzzaman, M.T. Nasir, A.K.M.A. Islam, and S.H. Naqib. Structural, Elastic, Electronic, and Optical Properties of Cu_3MTe_4 (M= Nb, Ta) Sulvanites, an Ab Initio Study. *International Journal Modern Physics B*, 1650089, 2016. https://doi.org/10.1142/S0217979216500892.

[8] W.F. Espinosa-G. and S. Pérez-W. and J.M. Osorio-G. and C Moyses A. The Electronic and Optical Properties of the Sulvanite Compounds: A Many-body Perturbation and Time-dependent Density Functional Theory Study. *Journal Physics: Condensed Matter*, 30:035502, 2018. https://doi.org/10.1088/1361-648X/aa9deb.

[9] A.B. Kehoe and D.O. Scanlon and G.W. Watson. Modelling Potential Photovoltaic Absorbers Cu_3MCh_4 (M = V, Nb, Ta; Ch = S, Se, Te) Using Density Functional. *Journal Physics: Condensed Matter*, 28:175801, 2016. https://doi.org/10.1088/0953-8984/28/17/175801.

[10] X.-P. Liu, Z.-Z. Feng, S.-P. Guo, Y. Xia, and Y. Zhang. Promising Thermoelectric Materials of Cu_3VX_4 (X = S, Se, Te): A Cu-V-X Framework Plus Void Tunnels. *International Journal of Modern Physics C*, 30(8):1950045, 2019. https://doi.org/10.1142/S0129183119500451.

[11] J. Peralta and C. Valencia-B. Vibrational Properties of Cu_3XY_4 Sulvanites (X = Nb, Ta, and V; and Y = S, and Se) by Ab initio Molecular Dynamics. *European Physic Journal B*, 90(117), 2017. https://doi.org/10.1140/epjb/e2017-80050-7.

[12] K. Bougherara, F. Litimein, R. Khenata, E. Uçgun, H.Y. Ocak, S. Uğur, G. Uğur, A.H. Reshak, F. Soyalp, and S.B Omran. Structural, Elastic, Electronic, and Optical Properties of Cu_3TMSe_4 (TM = V, Nb, and Ta) Sulvanite Compounds via First-Principles Calculations. *Science of Advanced Materials*, 5(1):97–106, 2019. https://doi.org/10.1166/sam.2013.1435.

[13] A.J. Hong and C.L. Yuan and G. Gu and J. M. Liu. Novel *p*-type Thermoelectric Materials Cu_3MCh_4 (M = V, Nb, Ta; Ch = Se, Te): High Band-degeneracy. *Journal Materials Chemistry A*, 5:9785–9792, 2017. https://doi.org/10.1039/C7TA02178J.

[14] J. Li, H.-Y. Guo, D.M. Proserpio, and A. Sironi. Exploring Tellurides: Synthesis and Characterization of New Binary, Ternary, and Quaternary Compounds. *Journal of Solid State Chemistry*, 117(2):247–255, 1995. https://doi.org/10.1006/jssc.1995.1270.

[15] Y. Liu, M. Liu, and M.T. Swihart. Plasmonic Copper Sulfide-Based Materials: A Brief Introduction to Their Synthesis, Doping, Alloying, and Applications. *Journal Physics Chemistry C*, 121(25):13435–13447, 2017. https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.7b00894.

[16] Y. Li, M. Wu, T. Zhang, X. Qi, G. Ming, G. Wang, X. Quan, and D. Yang. Natural Sulvanite Cu_3MX_4 (M = Nb, Ta; X = S, Se): Promising Visible-light Photocatalysts for Water Splitting. *Computational Materials Science*, 165:137–143, 2019. https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2019.04.042.

[17] W.F. Espinosa-G., C. Valencia-B., and J.M. Osorio-G. Phononic and thermodynamic properties of the sulvanite compounds: A first-principles study. *Computational Materials Science*, 113:275–279, 2016. https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2015.10.036.

[18] F. Hulliger. New semiconductor compounds of the sulvanite type. *Helvetica Physics Acta*, 34:379–382, 1961.

[19] K. Zitter, J. Schmand, K. Wagner, and R. Schöllhorn. Isomer shifts of the 6.2 keV nuclear transition of Ta-181 in sulvanite type ternary phases Cu_3TaX_4 (X = S, Se, Te). *Material Research Bulletin*, 19:801–805, 1984. https://doi.org/10.1016/0025-5408(84)90038-2.

[20] J. Li, H.-Y. Guo, D.M. Proserpio, and A. Sironi. Exploring Tellurides: Synthesis and Characterization of New Binary, Ternary, and Quaternary Compounds. *Journal Solid State Chemistry*, 117:247–255, 1995. https://doi.org/10.1006/jssc.1995.1270.

[21] A Boultif and D. Louer. Powder Pattern Indexing with the Dichotomy Method. *Journal of Applied Crystallography*, 37:724–731, 2004. https://doi.org/10.1107/S0021889804014876.

[22] P. Grima-G., M. Salas, O. Contreras, Ch. Power, M. Quintero, H. Cabrera, I. Zumeta-D., A. Rodríguez, J.A. Aitken, and W. Brämer-E. Cu_3TaSe_4 and Cu_3NbSe_4: X-ray Diffraction, Differential Thermal Analysis, Optical Absorption, and Raman Scattering. *Journal of Alloys and Compounds*, 658:749–756, 2016. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.10.283.

[23] P. Kubelka. New Contributions to the Optics of Intensely Light-Scattering Materials. Part I. *Journal of the Optical Society of America*, 38(5):448–457, 1948. https://doi.org/10.1364/JOSA.38.000448.

[24] J. Tauc. Optical Properties and Electronic Structure of Amorphous Ge and Si. *Materials Research Bulletin*, 3:37, 1968. https://doi.org/10.1016/0025-5408(68)90023-8.

[25] P.F. Newhouse, P.A. Hersh, A. Zakutayev, A. Richard, H.A.S. Platt, D.A. Keszler, and J. Tate. Thin-film Preparation and Characterization of Wide Bandgap Cu_3TaQ_4 (Q = S or Se) *p*-type Semiconductors. *Thin Solid Films*, 517:2473–2476, 2009. https://doi.org/10.1016/j.tsf.2008.11.020.

Article:

Healthy Plants Simulators Implementation and with Water Stress for the Calibration of the Detection by Multispectral Camera

Aarón Alberto Muñoz Morales[1,2] *, Naire Duque[1], Yoel Rafael Cuerva Henríquez[3]

[1] Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

[2] Departamento de Física, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

[3] Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Recibido: marzo, 2021
Aceptado: abril, 2021
Autor para correspondencia: A. Muñoz M. e–mail: aamunozmorales@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4968793

Abstract

The goal was develop simulators of healthy plant tissue and with water stress to calibrate a multispectral camera; from an aqueous solution of gelatin and agar, than used glycerin as a dispersing and moisture-preserving agent, formaldehyde as a hardening and bactericidal, in addition to photosynthetic pigments extracted from green and dried leaves of basil plants (*Ocimum basilicum*). To obtain a matrix with adequate consistency, flexibility and sterility, several tests were carried out. Simulators were developed from the resulting material that included the addition of chromophores; for the characterization, the determination of the spectral signature of the set of pigments associated with healthy plant tissue and with water stress was carried out by means of UV-Visible spectroscopy, diffuse reflection spectrophotometry (*DRS*), and finally the use of multispectral analysis. Achieving simulators with similar optical properties to vegetation in both conditions, being verifiable spectrophotometrically and multispectrally.

Keywords: healthy plant tissue; water stress; simulators; spectral signature; spectrophotometry; multispectral.

Artículo:

Implementación de simuladores de plantas sanas y con estrés hídrico para la calibración de la detección por cámara multiespectral

Resumen

La meta fue desarrollar simuladores de tejido vegetal sano y con estrés hídrico para calibrar una cámara multiespectral; a partir de una solución acuosa de gelatina y agar que empleó glicerina como agente dispersante y preservante de la humedad, formaldehído como endurecedor y bactericida, además de pigmentos fotosintéticos extraídos de hojas verdes y secas de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum*). Para obtener una matriz con consistencia, flexibilidad y esterilidad adecuadas fueron realizados varios ensayos. A partir del material resultante se desarrollaron simuladores que incluyeran la adición de cromóforos; para la caracterización fue realizada la determinación de la firma espectral del conjunto de pigmentos asociados a tejido vegetal sano y con estrés hídrico mediante espectroscopía UV-Visible, espectrofotometría de reflexión difusa (*ERD*) y por último el empleo de análisis multiespectral. Logrando como resultado simuladores con propiedades ópticas similares a la vegetación en ambas condiciones, siendo verificable espectrofotométricamente y multiespectralmente.

Palabras clave: tejido vegetal sano; estrés hídrico; simuladores; firma espectral; espectrofotometría; multiespectral.

1. Introducción

El estrés está definido como una desviación significativa de las condiciones óptimas para la vida. Como respuesta a dicha desviación se inducen cambios en todos los niveles funcionales del organismo, pudiendo ser dichos cambios reversibles o permanentes. El estrés vegetal constituye una fuerte restricción para el desarrollo de los cultivos, aún si la condición de estrés es temporal, es normal que la vitalidad de la planta se vea disminuida entretanto se realizan los ajustes requeridos para la nueva situación. Si el estrés es demasiado intenso o el periodo de acción es demasiado largo entonces los daños latentes se transforman en daño irreversible que puede afectar la planta entera o partes de la misma [1].

La respuesta espectral de la vegetación está caracterizada por el papel fundamental que desempeñan los pigmentos de la hoja en la absorción de la energía. La absorción está gobernada principalmente por la estructura interna, esto es, composición, concentración y distribución de los pigmentos (la clorofila, el caroteno y la xantofila). De ellos, el más importante es la clorofila y puesto que en condiciones de estrés su cantidad en la planta disminuye, esta variable permite monitorear el estrés vegetal (ver Alonso *et al.* [2]). Los *phantoms* son simuladores de tejido cuya misión es proporcionar propiedades ópticas similares a los tejidos reales y por consiguiente facilitan la realización de análisis no invasivos. Los *phantoms* se diseñan con unas características acordes a su propósito o aplicación específica [3], siendo necesario su estandarización a través de algún proceso de caracterización óptica.

Algunos materiales sólidos pueden ser analizados mediante espectroscopía UV-Visible, disolviendo el sólido en un determinado disolvente, lo cual imposibilita la recuperación para otras medidas. Afortunadamente, hay accesorios que permiten al analista tomar ventaja de la reflexión del haz incidente, en lugar de usar la configuración estándar de absorción UV. La espectroscopía UV-Visible por reflectancia difusa es ideal para la caracterización de propiedades ópticas y electrónicas de diversos materiales, tales como películas, filtros y pigmentos [4], por lo que ésta técnica resulta muy útil para la caracterización del *phantom*.

Las imágenes multiespectrales se captan mediante un sensor digital que mide la radiación reflejada o reflectancia en muchas bandas. Un conjunto de detectores puede medir energía roja reflejada dentro de la parte visible del espectro mientras que otro conjunto mide la energía del infrarrojo cercano. Los distintos valores de reflectancia se combinan para crear imágenes de color (color verdadero o falso color) [5]. Con el fin de poder analizar e interpretar los datos adquiridos por dichos sensores, es necesario realizar medidas radiométricas en el laboratorio o en el campo. A partir de dichas medidas es posible determinar la relación entre esas curvas de referencia (*firmas espectrales*) y las características del objeto observado en la imagen multiespectral [2].

El principio básico de la percepción remota radica en que los diversos objetos de interés (vegetación, suelo, agua, etc.) reflejan, dispersan o emiten cantidades diferenciales de radiación electromagnética, la diferencia en estos niveles de radiaciones registradas por un sensor es lo que permite distinguir las diferencias entre los objetos en las imágenes generadas [6]. Junto a la alta resolución espacial, también hay que valorar el aumento de la resolución espectral, que permite mejorar la estimación de variables biofísicas, como la clorofila y lignina en la vegetación, o la humedad y la presencia de ciertos minerales en el suelo [7].

Las cámaras multiespectrales permiten monitorear los pequeños cambios en la radiación visible e infrarroja que las plantas reflejan. Los agricultores utilizan estos datos para detectar plantas bajo estrés, controlar su crecimiento o realizar multitud de funciones útiles en el manejo de los cultivos. Las variaciones infrarrojas indican cambios en la vegetación mucho antes de que aparezcan en el espectro visible [6]. En los aspectos generales de los temas tratados en esta investigación, el trabajo de Duque [8] contiene una buena revisión bibliográfica. A continuación son presentadas algunas publicaciones referidas al uso de los *phantoms* en análisis multiespectrales.

Toderas *et al.* [9] emplean imágenes multiespectrales de *Landsat* en el análisis de la vegetación forestal. Farrer *et al.* [10] desarrollaron los *phantoms* empleando una matriz de gelatina en polvo y leche evaporada en diferentes proporciones, analizaron

individualmente sus propiedades acústicas, mecánicas y térmicas.

Atkinson y Urwin [11] afirman que existe una interacción entre el estrés biótico y abiótico de las plantas. En diferentes *phantoms* mostraron aumentos de temperatura repetibles; por lo que los mismos pueden imitar con fiabilidad los tejidos blandos.

La investigación de Hungr *et al.* [12] proporciona una descripción detallada de los diversos materiales examinados para el desarrollo de un *phantom* de próstata deformable, además de las consideraciones experimentales al emplear cada uno de ellos para la preparación de la matriz del *phantom*.

Una revisión de *phantoms* (*simuladores de tejidos*) para espectroscopía óptica, imagen y dosimetría fue realizada por Pogue y Patterson [13], quienes proporcionan una visión general de la composición y propiedades de los *phantoms*, la dispersión y la absorción de los materiales empleados para su realización, ventajas y desventajas de cada categoría.

Otros pigmentos de interés son los carotenos, xantofilas y antocianinas. Los carotenos y las xantofilas están presentes a menudo en las hojas verdes, pero tienen una banda de absorción en la región azul del espectro, que se ve enmascarada por la clorofila. El estrés es el conjunto de respuestas bioquímicas o fisiológicas que definen un estado particular del organismo diferente al observado bajo un rango de condiciones óptimas y puede ser influenciado por diversos factores afirman Basurto *et al.* [14]. Sin embargo, cuando la planta comienza a agotarse, frecuentemente desaparece la clorofila y la absorción asociada a los otros pigmentos comienza a ser dominante [15].

El uso de la espectroscopía de reflexión difusa se puede presentar como una herramienta para la agricultura de precisión ya que corresponde a aquellas metodologías no destructivas. Se puede establecer una correlación con otras técnicas y de esta forma facilitar que los investigadores puedan utilizarla exitosamente en el monitoreo del suelo o vegetación como una herramienta de apoyo, evaluación y manejo de la calidad de los cultivos [16].

Para el estudio de imágenes multiespectrales, la *teledetección* es la ciencia y arte de obtener información de un objeto analizando datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con dicho objeto y se basa en la captación mediante un sensor de la radiación electromagnética que procede de la superficie terrestre.

Todo objeto con temperatura superior al cero absoluto radia energía; la cual será proporcional a su calor absoluto. Además, al aumentar la temperatura, esa radiación será más intensa en longitudes de onda más corta. El sensor puede limitarse a captar la energía irradiada por la cubierta, ya sea por reflexión de la energía solar o emisión de esa cubierta, o bien ser capaz de generar un haz energético artificial, que recoja posteriormente, tras su reflexión sobre los objetos estudiados [17].

Existen sensores multiespectrales miniaturizados para embarcar en vehículos aéreos no tripulados. Estos sensores pueden llegar a tomar valores de hasta 6 bandas espectrales, siendo posible seleccionar diferentes bandas mediante el empleo de filtros. Por regla general, estos sensores están diseñados para el estudio de parámetros relativos a la vegetación, por lo que las bandas están seleccionadas en los rangos del verde, rojo e infrarrojo cercano, donde la vegetación presenta su mayor respuesta de absorbancia y reflectancia [18].

Un dispositivo de adquisición de imágenes multiespectrales para fines agropecuarios fue diseñado en el Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológica de la Universidad Carabobo (*CIMBUC*). Las limitaciones para hacer las pruebas que corroboren el adecuado funcionamiento de la cámara plantean la necesidad de recrear el medio agrícola en simuladores ópticos (*phantom*) que permitan la calibración de las cámaras multiespectrales, así como también la evaluación de las variaciones generadas en la firmas espectrales de plantas sometidas a un estrés hídrico producto del déficit de agua.

El presente estudio contribuye a determinar si el método de riego empleado en la plantación es

adecuado. La investigación realizada es de alta pertinencia para el sector agroindustrial.

2. Metodología

2.1. Preparación previa de los simuladores

Para sintetizar simuladores a base de gelatina y agar se empleó una mezcla de ambos sólidos en la proporción adecuada para que la matriz resultante pudiera manipularse con facilidad y se sustituyó el proceso de esterilización en autoclave por la adición de formaldehído, el cual además de ser un agente bactericida, contribuye a la cristalización de la red tridimensional de la gelatina; se adicionó glicerina como agente dispersante.

2.2. Matriz de *phantom*

La metodología empleada para el desarrollo de la matriz fue la siguiente:

(a) Se pesaron aproximadamente 3 g de gelatina sin sabor y 0,2 g de agar, lo valores exactos están en la Tabla 1; posteriormente cada compuesto fue mezclado parcialmente en agua destilada, empleando 30,00 ± 0,05 mL y 5,00 ± 0,05 mL de agua respectivamente.

(b) La mezcla gelatina-agua se sometió a calentamiento en una plancha, con agitación constante hasta disolución completa del sólido (evitando la ebullición); la mezcla agar-agua se disolvió en frío.

(c) Una vez disuelto el sólido, la mezcla se retiró de la plancha y se añadió la solución de agar y 1,50 ± 0,01 mL de glicerina.

(d) Con el fin de inhibir o mitigar el crecimiento bacteriano, se realizó la adición de 1,00 ± 0,01 mL de formaldehído a cada medio preparado. Las cantidades exactas de los reactivos empleados está indicada en la Tabla 1.

2.3. Firma espectral del tejido vegetal

Para el estudio y evaluación de la firma espectral del tejido vegetal sano y con estrés hídrico, se emplearon hojas de albahaca (*Ocimum basilicum*); la prueba se realizó *in vitro* puesto que la planta es muy sensible al estrés y al inducir un déficit hídrico en las mismas, estas mueren en menos de 48 horas.



Figura 1: Hojas verdes y secas de albahaca empleadas para la extracción de pigmentos fotosintéticos

Para el *phantom* de tejido vegetal con estrés hídrico fue necesario inducir la condición en las hojas; para ello se retiraron de la planta tomando como tiempo mínimo una semana antes de la extracción de los pigmentos y se dejaron secar al aire libre. Para el *phantom* de tejido vegetal sano, las hojas se retiraron de la planta el mismo día en que se realizaría la extracción y separación de los pigmentos fotosintéticos, a partir de hojas de albahaca [19] (el proceso está dado en la Figura 1).

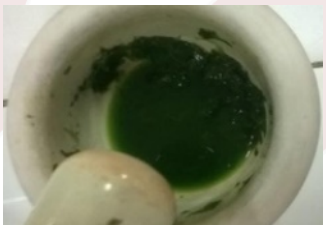


Figura 2: Extracción de pigmentos fotosintéticos a partir de hojas de albahaca

Se pesaron 3,0125 ± 0,0001 g de hojas de albahaca (secas o verdes sin tallo) cortadas en trozos pequeños y se colocaron en un mortero, como presenta la Figura 2. Seguidamente se añadió etanol al 99,8 % de pureza en tres porciones de 10,00 ± 0,05 mL cada una y se homogeneizó el tejido.

La Figura 3 señala que el tejido fue filtrado por gravedad empleando gasa y el extracto se transfirió a tubos de ensayo como indica la Figura 4. Los tubos se introdujeron en una centrífuga a 3000 rpm

Tabla 1: Proporciones de las sustancias empleadas para desarrollar el simulador final.

	Simulador de tejido vegetal sano	Simulador de tejido vegetal con estrés hídrico
Hojas de albahaca (m ± 0,0001)g	3,0207	3,0125
Etanol 99,8 % (V ± 0,05) mL	30,00	30,00
Gelatina sin sabor (m ± 0,0001) g	3,0065	3,0442
Agar (m ± 0,0001) g	0,2004	0,2087
Agua destilada (V ± 0,05) mL	35,00	35,00
Glicerina (V ± 0,01) mL	1,50	1,50
Formaldehído 34 % (V ± 0,01) mL	1,00	1,00



Figura 3: Filtrado del extracto

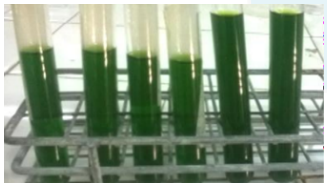


Figura 4: Transferencia a tubos de ensayo para su posterior centrifugación

durante 5 min para separar cualquier residuo del extracto de pigmentos. El procedimiento se realizó por duplicado para obtener así los conjuntos de pigmentos del tejido vegetal sano y con estrés hídrico. Posteriormente, se sometieron a un análisis de espectroscopía UV-Visible, con el fin de obtener la firma espectral asociada.

Previo a la adición del formaldehído y posterior refrigeración, se realizó la inserción de los pigmentos fotosintéticos correspondientes para recrear en el simulador el comportamiento espectral del tejido vegetal sano y con estrés hídrico. Para ello se añadió el extracto de los pigmentos a la solución de gelatina y agar agitando constantemente para obtener así un medio homogéneo, todo esto se realizó a temperatura y presión ambiental.



Figura 5: Simuladores de tejido vegetal sano y con estrés hídrico

Seguidamente se esterilizaron mediante la adición de formaldehído al 34 % de pureza y refrigeraron en una nevera para que solidificaran como muestra la Figura 5. Por último, los simuladores desarrollados fueron caracterizados mediante espectroscopía de reflectancia difusa para verificar la similitud en las firmas espectrales con respecto al conjunto de pigmentos extraídos.

2.4. Cámara multiespectral

Para la presente investigación en el *CIMBUC* fue construida una cámara digital con sensor CMOS de 2 megapíxeles con sistema de iluminación multiespectral, compuesta por 8 LED tricromáticos de alto brillo que permiten tener 7 bandas en el rango visible del espectro electromagnético (cian, azul, amarillo, verde, magenta, naranja y rojo) [20]. Con el fin de verificar su adecuado funcionamiento, se realizó el análisis multiespectral de los simuladores; lo que corroboraría lo obtenido mediante espectroscopía UV-Visible y espectrofotometría de reflexión difusa (*ERD*).

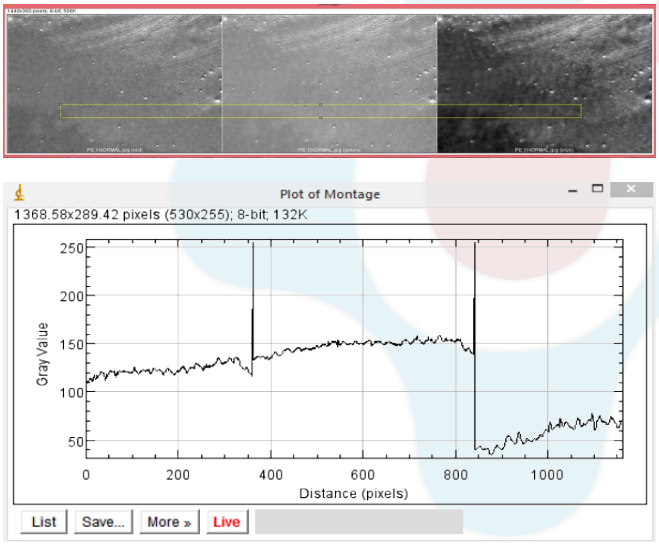


Figura 6: Perfil de intensidades RGB obtenido para una imagen mediante el empleo de ImageJ

Se fotografiaron los simuladores empleando diversos tipos de luz correspondientes a las distintas regiones del espectro electromagnético. Dichas imágenes se sometieron a un análisis de intensidad de color tricromático (RGB) y escala de grises empleando ImageJ (Image Processing and Analysis in Java NIH). Por último, mediante un análisis de perfil de puntos, se obtuvieron las intensidades de color para las bandas del rojo, verde y azul asociadas a cada imagen, según el tipo de luz empleada como indica la Figura 6.

3. Discusión de resultados

3.1. Matriz de *phantom* y simuladores de tejido vegetal

La Figura 7 muestra la matriz de *phantom* obtenida a partir de agar y gelatina. El agar está en menor proporción para favorecer la consistencia y estabilidad del *phantom* a temperatura ambiente; la red tridimensional de la gelatina preparada bajo el procedimiento empleado se traduce en un grado de endurecimiento necesario para que sea resistente al agua y a la temperatura [3].

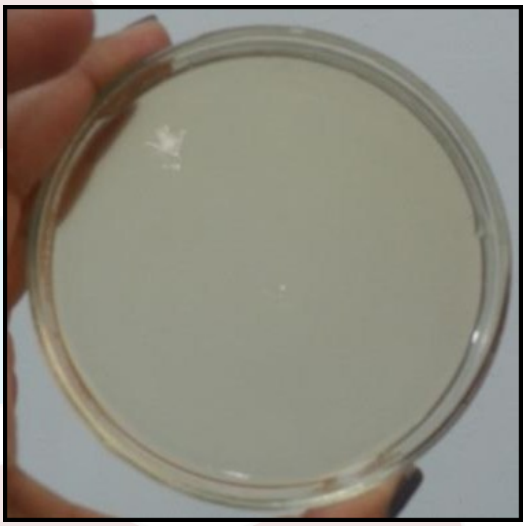


Figura 7: Matriz de *phantom*

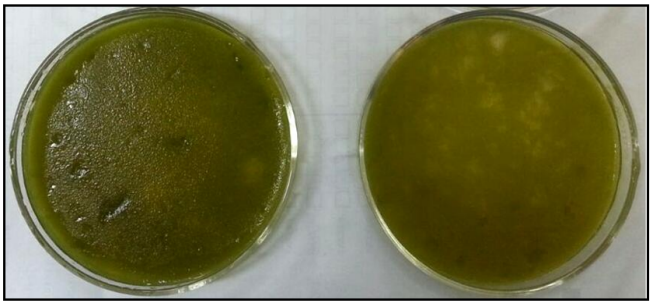


Figura 8: Simulador de tejido vegetal sano (der.) y con estrés hídrico (izq.)

Para inducir la condición de estrés hídrico, las hojas se tomaron de la planta un día antes de efectuar la extracción de pigmentos; las hojas para

el simulador de tejido vegetal sano fueron tomadas el mismo día. La disolución del mismo resultó complicada; ya que, al estar el medio base caliente y el extracto a temperatura ambiente hubo un choque térmico que generó grumos, por lo que los simuladores aunque tenían mejor coloración no eran homogéneos como ilustra la Figura 8.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, la disolución de los pigmentos se llevó a cabo en caliente, lo cual hace inevitable la pérdida de humedad en el medio por lo que los simuladores resultantes tras el proceso de refrigeración presentaron una textura rugosa en su parte superior, la Figura 9 evidencia esta condición.



Figura 9: Simulador de tejido vegetal sano (der.) y con estrés hídrico (izq.), disolución en caliente

Con toda la información recopilada mediante experimentación y tras ajustar las condiciones de trabajo varias veces; se desarrollaron los simuladores finales donde la condición de estrés inducido se prolongó a una semana de exposición y la disolución de los pigmentos se llevó a cabo a temperatura ambiente; para reducir al mínimo la formación de burbujas y tener así un medio lo más homogéneo posible. Lo cual se traduce en simuladores con mejor funcionalidad y que transcurridos más de 15 días luego de la preparación conservarán su estructura física y química.

La Tabla 2 muestra que ambos simuladores representan medios físicos homogéneos, consistentes y flexibles, lo que permite que puedan manipularse sin quebrarse y permanecezcan fuera de refrigeración por largos períodos de tiempo sin modificar sus propiedades físicas.

A partir de dichos simuladores y sus respectivos pigmentos se realizó el análisis espectrofotométrico y multiespectral correspondiente para evaluar su funcionalidad.

3.2. Análisis multiespectral

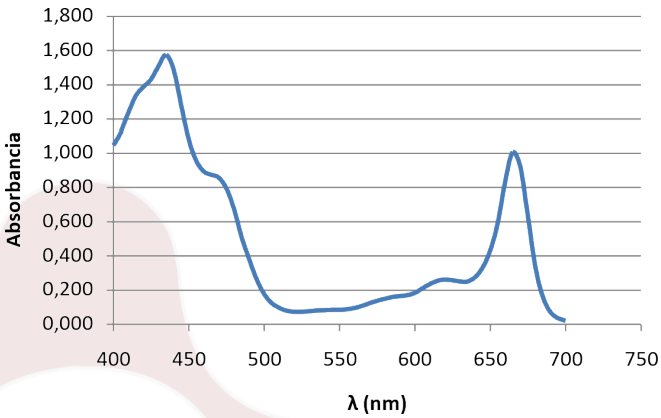


Figura 10: Absorbancia vs. longitud de onda asociada a los pigmentos extraídos del tejido vegetal sano

El primer paso para un análisis multiespectral es conocer con exactitud la firma espectral del objeto de estudio [21], para fines de este trabajo se empleó tejido vegetal sano y con estrés hídrico. Puesto que teóricamente se conocen los espectros de absorción UV-Visible de los cromóforos dados en la Figura 10, también llamados pigmentos fotosintéticos de manera individual; se empleó una porción del extracto de pigmentos asociado a cada condición y se determinó su patrón de absorción empleando espectroscopía UV-Visible.

Para el tejido vegetal sano se tienen máximos de absorción en 450 nm (azul) y en 665 nm (rojo), como muestra la Figura 10; si bien todos los cromóforos presentes contribuyen a la absorción total reflejada en el espectro, la misma está determinada por la absorción asociada a las clorofilas, ya que en una planta en estado sano éstas se encuentran en mayor proporción, siendo la clorofila la más abundante [2].

La Figura 11 expone que el tejido con estrés hídrico presenta máximos de absorción en 435 nm (azul) y 665 nm (rojo), al entrar en una condición de estrés la producción de clorofila disminuye y los

Tabla 2: Propiedades físicas de los simuladores desarrollados

Simulador	Características
Tejido vegetal sano	Medio físico de color verde claro, textura lisa, flexible, estable a temperatura ambiente, 9 cm de diámetro y 0,71 mm de espesor.
Tejido vegetal con estrés hídrico	Medio físico de color verde oscuro, textura lisa, flexible, estable a temperatura ambiente, 9 cm de diámetro y 0,76 mm de espesor.

pigmentos que antes se encontraban enmascarados por ésta son los que determinan la absorción [2]; por ello existe un incremento en la absorción en el azul debido a la contribución de la clorofila y la de los carotenos, mientras que en el rojo hay una disminución de la absorción debido al menor contenido de clorofila de la planta.

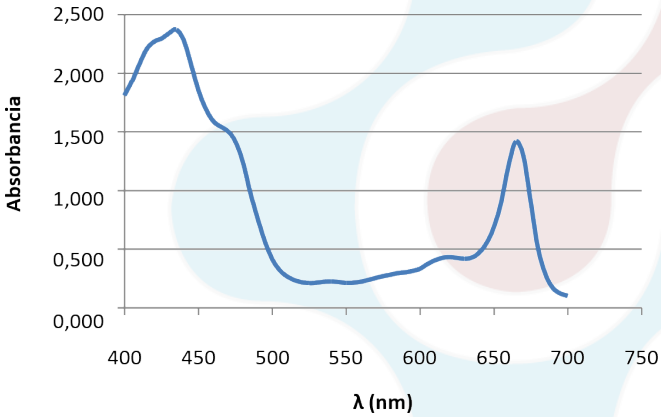


Figura 11: Absorbancia vs. longitud de onda asociada a los pigmentos extraídos del tejido vegetal con estrés hídrico

Posteriormente, los simuladores desarrollados fueron evaluados mediante espectrofotometría de reflexión difusa, como punto de partida para comprobar su funcionalidad.

El tejido vegetal sano muestra mínimos de reflectancia que corresponden a los máximos de absorbancia obtenidos mediante espectroscopía UV-Visible. La Figura 12 revela una baja absorción en las longitudes de onda correspondientes al verde, lo cual según Hernández y Montaner [21] determina un máximo de reflectancia en dichas longitudes de onda lo que hace que percibamos visualmente la vegetación sana de color verde. .

De igual forma para el tejido vegetal estresado los mínimos de reflectancia corresponden a los máximos

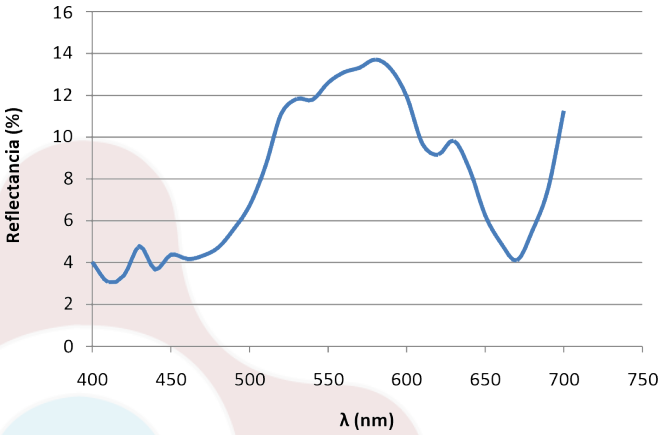


Figura 12: Reflectancia vs. longitud de onda asociada al simulador de tejido vegetal sano

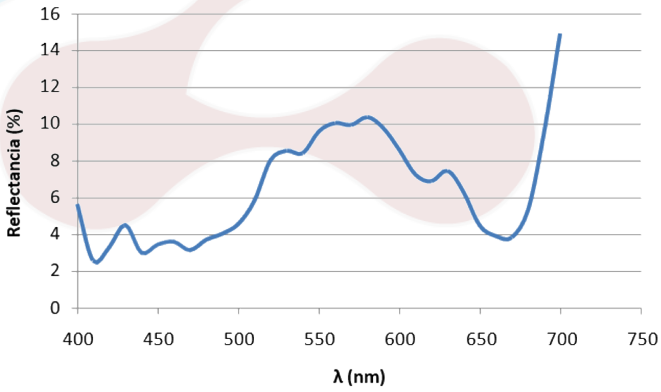


Figura 13: Reflectancia vs. longitud de onda asociada al simulador de tejido vegetal estresado

de absorción UV-Visible en la Figura 13, la baja reflectancia en las longitudes de onda del verde se atribuye a la disminución del contenido de clorofila en la planta producto de la condición de estrés inducido [21].

Una estimación de la absorción en cada simulador a partir de su patrón de reflectancia, haciendo uso de

la densidad óptica fue realizada para constatar que sus componentes y su estructura física no alteran significativamente la absorción UV-Visible.

Las Figuras 12 y 13 muestran en ambos casos que el máximo de absorción correspondiente al rojo es el más definido y concuerda con lo obtenido para los pigmentos de manera individual, la absorción en la banda del azul no está bien definida, puesto que las medidas de reflectancia son sensibles a la estructura del simulador y a la textura del mismo, por lo que al tener ruido instrumental en las medidas de reflectancia, se arrastra ese error a las medidas de absorbancia que se derivan de ésta. Sin embargo, es posible notar un incremento en la absorción en esta región del espectro, de acuerdo a las Figuras 14 y 15. Ambos espectros de absorción tienen un comportamiento similar al de los pigmentos fotosintéticos y la absorción para el tejido vegetal sano sigue estando determinada por las clorofilas, mientras que para el tejido vegetal estresado predomina la absorción por carotenos [2].

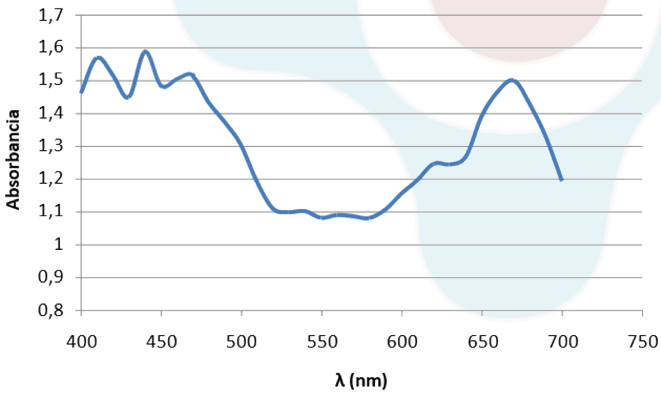


Figura 14: Absorbancia vs. longitud de onda asociada al simulador de tejido vegetal sano

La intensidad de color está directamente relacionada con la reflectancia que presenta el objeto de estudio, tanto para el tejido vegetal sano como para el que presenta estrés hídrico, es apreciable que para todos los tipos de luz empleados las intensidades aumentan considerablemente en las bandas donde la reflectancia es mayor según el color o la combinación de colores empleados; afirmación que puede ser comprobada en el análisis tricomático dado en la Figura 16.

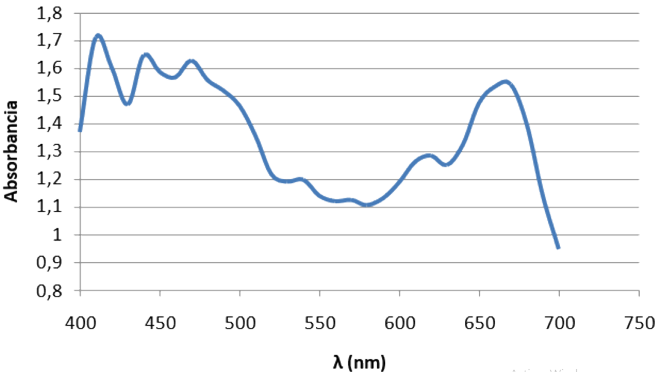


Figura 15: Absorbancia vs. longitud de onda asociada al simulador de tejido vegetal con estrés hídrico

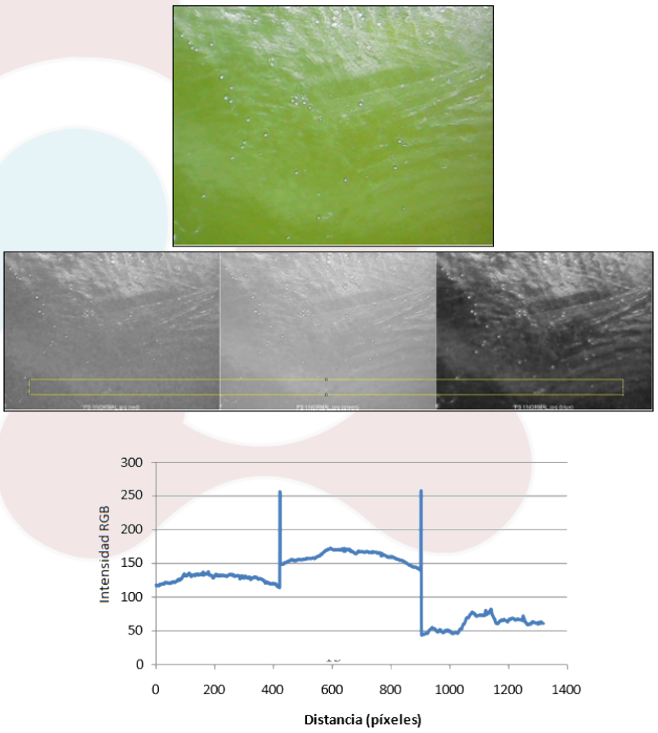


Figura 16: Análisis tricromático en escala de grises para la imagen del simulador de tejido vegetal sano empleando luz blanca

3.3. Firma espectral

Al tomar como punto de partida que el análisis multiespectral de imágenes requiere contar con firmas espectrales de referencia [21] y puesto que la vegetación constituye en sí una variable compleja,

porque tiene un comportamiento dinámico debido a los cambios fenológicos que ocurren estacionalmente, lo que significa que su firma espectral cambia durante el año [21], los *phantoms* fueron desarrollados para que permitieran simular ópticamente las propiedades del tejido vegetal sano y con estrés hídrico para calibrar una cámara multiespectral.

Todo esto teniendo en cuenta que los *phantoms* son diseñados con unas características acordes a su propósito o aplicación específica [3]. En este caso el requerimiento es contar con medios homogéneos, maleables, estables a temperatura ambiente y cuya durabilidad se prolongara a más de 15 días, lo que facilitará su estudio y análisis empleando diversas técnicas.

El comportamiento distintivo de cada tipo de material es aprovechado en procesos de clasificación de imágenes, siendo común referirse a dicho comportamiento como *firma espectral* [21]. La respuesta espectral de la vegetación está caracterizada por el papel fundamental que desempeñan los pigmentos de la hoja en la absorción de la energía. De ellos, el pigmento más importante es la clorofila y puesto que en condiciones de estrés su cantidad en la planta disminuye, esta variable permite monitorear el estrés vegetal [2].

Las Figuras 10 y 11 confirmaron que al determinar la firma espectral del tejido vegetal sano y con estrés hídrico, los máximos de absorción corresponden a las longitudes de onda del azul (400–500) nm y el rojo (600–700) nm, en el caso de la vegetación sana la absorción está determinada por las clorofilas ya que se encuentran en mayor proporción. Las mismas absorben energía luminosa debido a su estructura, la cual consta de un anillo tetrapirrólico con centro metálico de magnesio [22], provisto de una conjugación de enlaces sencillos y dobles que le permiten la deslocalización de carga electrónica mediante estructuras de resonancia.

Al entrar en una condición de estrés hídrico la producción de clorofila en la planta disminuye y los pigmentos llamados carotenoides son los que determinan la absorción debido a que ya no son enmascarados por las clorofilas [23]. Por ello, la absorción aumenta en la banda del azul y disminuye en la banda del rojo, ya que la absorción resultante es producto de la contribución de los carotenos y la baja concentración de clorofila presente en la planta.

Una vez desarrollados los simuladores fueron evaluados mediante ERD, debido a que contar con patrones de reflectancia espectral de referencia es fundamental para lograr resultados confiables cuando se trabaja con imágenes multiespectrales [21]. El resultado obtenido para ambos simuladores es que los máximos de absorción UV-Visible generan mínimos de reflectancia y viceversa; para el simulador de tejido vegetal sano el máximo de reflectancia en la longitud de onda del verde dado en la Figura 12 es mayor al obtenido para el simulador de tejido vegetal estresado presentado en la Figura 13 como consecuencia de que la reflectancia está relacionada con la clorofila contenida en la planta y además depende del estado hídrico de la misma [21].

La Figura 13 confirma que cuando una planta está sometida a una tensión hídrica, disminuye la producción de clorofila y la planta absorbe menos energía en las regiones típicas de absorción por clorofila, aumentando la energía reflejada especialmente en la región del rojo, lo que les proporciona una apariencia amarillenta o clorótica. Esto representa un buen indicativo de la disminución del contenido de agua en la planta, pese a no contar con métodos de análisis infrarrojo que permitirían evaluar de manera más eficaz, dicha respuesta.

Los espectros de absorción de ambos simuladores con respecto a los pigmentos mostrados en las Figuras 14 y 15 difieren en los máximos de absorción en las longitudes de onda del azul. Puesto que dichos espectros se obtienen mediante una estimación realizada a partir de los valores de reflectancia obtenidos para cada simulador, empleando la densidad óptica del material.

Puesto que los espectros de reflectancia presentan ruido, debido a que el método de análisis es sensible a la textura y estructura del simulador, por lo que cualquier burbuja generará errores en las mediciones; en la metodología empleada se redujo al mínimo la cantidad de burbujas contenidas en los simuladores pero no fue posible mitigar por completo su formación. Adicionalmente dicha estimación depende del espesor del medio y los simuladores resultantes poseen espesores diferentes, ya que la cantidad de extracto obtenido a partir de hojas verdes es diferente al de las hojas que se sometieron a una tensión hídrica.

Por último, para completar la evaluación de la funcionalidad de los simuladores, se realizó el análisis tricromático (RGB) y en escala de grises para las imágenes tomadas a partir de la incidencia sobre los simuladores de 8 tipos de luz diferentes (blanca, roja, verde, azul, naranja, amarilla, cian y magenta); con la finalidad de evaluar los perfiles de intensidad de color para cada uno.

La interacción con la radiación electromagnética ocurre distintamente para cada longitud de onda del espectro [6]; debido a los pigmentos presentes en la misma y las proporciones de éstos. Es por ello que al comparar los perfiles de intensidades con los espectros de absorbancia y reflectancia es notable que la intensidad del color es inversamente proporcional a la absorción, por ende directamente proporcional a la reflectancia del objeto en estudio.

Es fácilmente apreciable que para ambos simuladores se cumple que la intensidad del color aumenta conforme aumenta la reflectancia de las bandas características de cada simulador, según la luz empleada. Puesto que para los colores primarios rojo, verde y azul, sus perfiles de intensidad presentan valores máximos en las bandas que cada uno de ellos refleja; mientras que para los colores secundarios, como provienen de combinaciones, en el caso del magenta que se compone de rojo y azul, tiene valores máximos de intensidad en ambas bandas.

Todo esto tiene consonancia con lo observado mediante espectrofotometría, ya que como se mencionó, un tejido vegetal sano presenta mayor reflectancia en las longitudes de onda de verde por su elevado contenido de clorofila y al entrar en una condición de estrés hídrico el contenido de ésta disminuye, lo que se traduce en un aumento significativo de la reflectancia en la banda asociada al color rojo; para el color azul el incremento es menor debido a que la reflectancia no varía significativamente de un tejido a otro en este punto.

Los simuladores desarrollados constituyen una alternativa al análisis *in vivo* en plantas y un medio homogéneo que funciona para calibrar equipos empleados en teledetección y mapeo de vegetación. De esta forma se llegó a la solución del problema planteado en esta investigación, puesto se corroboró el adecuado funcionamiento de la cámara multiespectral construida en el *CIMBUC* y por lo tanto puede validarse su funcionalidad en la calibración de este tipo de equipos.

4. Conclusiones

En este trabajo, un simulador base fue desarrollado con las características físicas, químicas y microbiológicas necesarias para ser empleado en diversos métodos de análisis. Las propiedades ópticas de la albahaca (*Ocimum basilicum*) fueron evaluadas mediante espectroscopía UV-Visible, empleando los pigmentos extraídos de hojas sanas y con estrés hídrico. Los resultados evidencian que existe un aumento notable de la reflectancia en la banda del rojo para el tejido vegetal estresado, pese a que no se disponía de técnicas de caracterización infrarroja, esto es un buen indicativo de que el estrés inducido generó pérdidas del contenido de agua de las hojas. Mediante análisis de intensidades RGB en escala de grises fue posible verificar los resultados obtenidos espectrofotométricamente, así como establecer diferencias entre los tejidos en estudio.

Referencias

[1] A. Benavides M., editor. *Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buena Vista, Saltillo, COAH, México, 2002.

[2] C. Alonso, V. Moreno y E. Rodríguez. Determinación experimental de la firma espectral de la vegetación. Una sencilla práctica de introducción a la teledetección. En S. Castaño F. y A. Quintanilla R., editores, *Teledetección. Avances y aplicaciones. VIII Congreso nacional de teledetección*, páginas 429–432, Albacete, España, 1999.

[3] M.A. Santander C. *Desarrollo y caracterización de simuladores de tejidos biológicos para la calibración de equipos OCT*. Universidad de Cantabria, España, 2015.

[4] C.F. Rivas y O. Nuñez. Evaluación de la degradación fotocatalítica del p-nitrofenol sobre la superficie modificada del TiO_2 con

benzaldehídos disustituidos. *Catálisis*, 1:31–41, 2012.

[5] CIMA. Parque Nacional Cordillera Azul, diagnóstico del proceso de actualización. Plan maestro 2011-2016, Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales (CIMA), Lima, Perú, 2011.

[6] J. Lira C. *Tratamiento digital de imágenes multiespectrales*. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México, 2012.

[7] E. Chuvieco. Mirar desde el espacio o mirar hacia otro lado: Tendencias en teledetección y su situación en la geografía española. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 50:75–85, 2007.

[8] N. Duque. Desarrollo y caracterización de simuladores de tejido vegetal sano y con estrés hídrico para la calibración de una cámara multiespectral. Trabajo especial de grado para optar al título de Licenciado en Química. Tutor A. Muñoz Morales, Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo, Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela, abril 2018.

[9] T. Toderas, T. Crăcea, and A. Negoescu. Landsat Multiespectral Images in Analysing Forest Vegetation. *Revista Academiei Fohelor Terrestre NR.2*, 78:243–250, 2015.

[10] A.I. Farrer, H. Odéen, J. de Bever, B. Coats, D.L. Parker, A. Payne, and D.A. Christensen. Characterizacion and Evaluation of Tissue Mimicking Phantoms of Gelatin for Use with MRgFUS. *Journal of Therapeutic Ultrasound*, 3(9):1–11, 2015.

[11] N. Atkinson and P. Urwin. The Interaction of Plant Biotic and Abiotic Stresses: From Genes to the Field. *Journal of Experimental Botany*, 63(10):3532–3543, 2012. DOI: https://doi.org/10.1093/jxb/ers100.

[12] N. Hungr, J-A. Long, V. Beix, and J. Troccaz. A Realistic Deformable Prostate Phantom for Multi-Modal Imaging and Needle-Insertion Procedures. *Medical Physics*, 39(4):2031–2041, 2012.

[13] B.W. Pogue and M.S. Patterson. Review of Tissue Simulating Phantoms for Optical Spectroscopy, Imaging and Dosimetry. *Journal of Biomedical Optics*, 11(4):041102(1–16), 2006. https://doi.org/10.1117/1.2335429.

[14] M. Basurto S., A. Nuñez B., R. Pérez L.R. y O.A. Hernández R. Fisiología del estrés ambiental en plantas. *Sinthesis*, 48:1–5, 2008.

[15] J. Meliá M. *La teledetección en el seguimiento de los fenómenos naturales. Recursos renovables: Agricultura*. Curso de Postgrado. Unidad de Teledetección, Departamento de Termodinámica, Estudios Generales, Universidad de Valencia, Valencia, España, 1991.

[16] C. Chang, D. Laird, M. Mausbach, and C. Hurburgh. Near Infrared Reflenctance Spectroscopy-Principal Components Regression Analyses of Soil Properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65:480–490, 2001. DOI: https://doi.org/ 10.2136/sssaj2001.652480x.

[17] I. Basterra. Teledetección–imágenes satelitales, procesamiento digital de imágenes. Manual de cátedra. Módulo 3. Cátedra de Fotointerpretación, Departamento de Geociencias, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Nordeste, Chaco, Argentina, 2011.

[18] J.J. Díaz G.-C. Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Trabajo fin de Máster, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, junio 2015.

[19] A. Armado. *Bioquímica, guía de prácticas.* Práctica 2. Determinación de los componentes celulares en hojas de espinaca. Departamento de Química, FACYT, Valencia, Venezuela, 2008.

[20] A. Muñoz M. y S. Vivas T. Implementación de sistema de captura de imágenes multiespectra-

les para el análisis de la piel humana. *Faraute*, 9(1):1–2, 2014.

[21] J. Hernández P. y D. Montaner, F. *Laboratorio de geomántica y ecología de paisajes*. Capítulo: Patrones de respuesta espectral. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2009.

[22] H. Torres, H. Carminatti y C. Cardini. *Bioquímica general*. El Ateneo, Bueno Aires, Argentina, 1983.

[23] H. Curtis, N. Sue B., A. Schnek y A. Massarini. *Biología*. Médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina, 7ma edición, 2007.

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Vega et al., Vol. 7, Nro. 20, 29–36, enero–abril, 2021.

Article:

Statistical Models in Dermatology. Psoriasis Case Study

M.L. Vega M.[1], L. Manganiello[2], E. Puertas-Abreu[3,4], C. Vega[5*]

[1] Centro de Salud Daroca, Servicio Madrileño de Salud Atención Primaria, Madrid, España

[2] Centro de Investigaciones Químicas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

[3] Salud Pública, Departamento de Bioanálisis, Facultad de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

[4] Sociedad Venezolana de Reumatología, Caracas, Venezuela

[5]Instituto de Matemáticas y Cálculo Aplicado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

Recibido: febrero, 2021
Aceptado: abril, 2021
Autor para correspondencia: C. Vega. e–mail: cvega@uc.edu.ve
DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.4969841

Abstract

Psoriasis is reemerging as a social problem in recent decades; for this reason, many recent studies have come out on this dermatological ailment in all its aspects. Formal studies with the appropriate statistical tools are increasingly necessary to verify the validity of these statements. This work proposes the use of time series to improve ongoing analyzes. Time series models such as the *SARIMAX* developed from analyzed data achieve the proposed goal.
Keywords: psoriasis; dermatology; time series; forecast.

Artículo:

Modelos estadísticos en dermatología. Caso de estudio la psoriasis

Resumen

La psoriasis está reemergiendo como un problema social en las últimas décadas; por esta razón han surgido muchos estudios recientes sobre esta dolencia dermatológica en todos sus aspectos. Cada día son más necesarios estudios formales con las herramientas estadísticas adecuadas para verificar la validez de estas afirmaciones. Este trabajo plantea el uso de series temporales para mejorar los análisis en curso. Los modelos de series temporales como el *SARIMAX* desarrollado a partir de data analizada logran la meta propuesta.
Palabras clave: psoriasis; dermatología; series temporales; pronósticos.

1. Introducción

La psoriasis es una enfermedad inflamatoria, crónica de la piel, autoinmune que afecta al 2 % de la población mundial, con manifestaciones en la piel y las articulaciones [1]. La psoriasis está caracterizada por eritematoescamosas bien definidas, localizadas principalmente en codos, rodillas, región sacra y piel cabelluda; más común entre los individuos de 15 a 35 años. Marrón *et al.* [1] plantearon la caracterización del perfil clínico–epidemiológico de los pacientes con psoriasis que acudieron a consulta de dermatología del Hospital Universitario de Caracas durante el período comprendido entre enero de 2010 y diciembre de 2014. El trabajo de Marrón y colaboradores fue realizado con fines netamente descriptivos.

Suárez *et al.* [2] examinaron la evaluación y seguimiento de la enfermedad con cirugía bariática. En esta revisión presentan el estudio que realizaron Romero *et al.* [3] cuyo análisis lo interpretan por series de tiempo, pero con un estudio meramente descriptivo.

Con el propósito de describir el actual uso de terapias biológicas entre pacientes afectados por psoriasis y analizar un perfil de utilización de fármacos en los pacientes, en términos de cambio y costos de tratamiento, Guerrieiro *et al.* [4] realizaron un análisis retrospectivo observacional con bases de datos administrativas relacionadas con la salud, trabajo que cubre una población de aproximadamente un millón de habitantes. Los investigadores analizaron todos los sujetos con diagnóstico principal o secundario de psoriasis que recibieron por lo menos una prescripción de terapias biológicas durante un período de 48 meses. Evaluaron la tasa de cambio en pacientes que no habían recibido tratamiento previo durante el primer año. El costo de los medicamentos fue calculado para todos los fármacos recetados y comprendió tanto para el tratamiento de la psoriasis como para otros tratamientos. El uso de la estadística fue meramente descriptiva, a pesar de disponer de una base de datos longitudinal moderadamente amplia.

Belleudi *et al.* [5] estudiaron el patrón de consumo de fármacos en mujeres con psoriasis antes, durante y después del embarazo. Identificaron todos los niños nacidos en un período de siete años en una región del centro de Italia (Lazio). Analizaron los tratamientos biológicos, sistémicos y tópicos, la interrupción y el cambio de terapias farmacológicas. Los autores compararon los resultados con los datos de una población expuesta a medicamentos similares que fueron diagnosticadas antes del último período menstrual (*UPM*); observaron una disminución general para cada clase de medicamentos en su uso durante el embarazo en las pacientes de la muestra. Al examinar los dos trimestres anteriores al UPM y los tres trimestres de embarazo, percibieron disminución de los porcentajes de todas las prescripciones realizadas por los médicos. Después del parto, se reanudaron los tratamientos previos. La comparación fue descriptiva sin determinación del nivel de significancia estadística.

Belleudi *et al.* [5] afirmaron que la mayoría de los medicamentos vienen con advertencias sobre la potencial embrión–feto toxicidad, que podría influir en la decisión de continuarlos. Luego concluyeron que según el estudio, el embarazo parece tener una influencia significativa en la prescripción de diferentes tratamientos farmacológicos para la psoriasis.

Hernández *et al.* [6] estudiaron una cohorte española multicéntrica de 2881 pacientes con psoriasis, desde enero de 2008 hasta noviembre de 2018, para determinar si el sexo influye en la prescripción, la eficacia de la terapia y el riesgo de eventos adversos. Sus resultados muestran que las mujeres tienen más probabilidades que los hombres de recibir medicamentos biológicos recetados. No encontraron diferencias entre hombres y mujeres en la efectividad de la terapia, medida en términos de supervivencia del fármaco. Las mujeres tenían más probabilidades de desarrollar eventos adversos, pero la diferencia en el riesgo fue pequeña y no justifica un manejo diferente.

Los autores expresaron datos descriptivos en valores absolutos y porcentajes para las variables discretas y con estadística no paramétrica de medianas y rangos intercuartílicos para las variables continuas. Los resultados entre hombres y mujeres se compararon mediante la prueba de χ^2 de *Pearson* o la prueba exacta de *Fisher* para las variables cualitativas y la prueba de *Wilcoxon-Mann-Whitney* para las variables cuantitativas. Incluyeron fármacos individuales en los análisis multivariables.

Hernández *et al.* [6] determinaron una puntuación de propensión (*PS*) para reducir el sesgo de asignación no aleatoria de tratamientos en los estudios de cohortes. La PS fue creada con base en la probabilidad de indicación de las terapias clásicas frente a las modernas y la obtuvieron mediante la construcción de un modelo de regresión logística. Las variables dependientes están representadas por los tratamientos y las independientes por los resultados .

Los expertos crearon cinco conjuntos de datos completos mediante ecuaciones encadenadas, asumiendo que los valores faltantes eran aleatorios, mediante un modelo de especificación totalmente condicional. Este es un buen trabajo que podría ser mejorado si los autores indicaran el nivel de confiabilidad estadística de las pruebas, para garantizar si las diferencias y semejanzas reportadas en los resultados son estadísticamente significativas. Adicionalmente, reportan una base de datos de 131 meses, luego sería interesante verificar si se puede determinar un modelo longitudinal para validar si las diferencias estadísticas son constantes a lo largo del tiempo.

La influencia en los diferentes aspectos de la vida social de los pacientes y la naturaleza de la psoriasis la colocan como una enfermedad reemergente tal como Mora *et al.* [7] presentaron en un estudio sobre cáncer.

Cabe destacar que en la bibliografía revisada realizan análisis estadísticos descriptivos y a lo sumo de correlación. En consecuencia, el centro de esta investigación es plantear estudios estadísticos que permitan determinar modelos que estén lo mejor posible ajustados a los datos, para lograr la meta última de la estadística, la cual es realizar pronósticos.

Este trabajo estimó un modelo de series temporales que estuviese lo mejor ajustado a los datos, con una muestra de un conjunto de datos longitudinales. La investigación es pertinente debido a las características de la psoriasis en el mundo actual.

1.1. Modelos estadísticos

Muñóz *et al.* [8] revisaron los datos actuales y las controversias referidas a estudios recientes que presentan puntos de vista contradictorios sobre las señales implicadas en el desarrollo y la diferenciación de las células $\gamma\delta$ T tímicas, concretamente sobre el papel de ambos factores del receptor de células T, tanto (TCR)-dependientes como TCR-independientes. Recordando que las células $\gamma\delta$ T han surgido como fuentes principales de citocinas proinflamatorias interleucina-17 (IL-17) e interferón-γ (IFNγ) en múltiples modelos de infección, cáncer y enfermedades autoinmunes. En la amplia revisión realizada por estos autores comentan un estudio independiente que demostró que una mutación espontánea en *Sox13*, en una subcepa, condujo a una deficiencia selectiva en ciertas células que estaban asociadas con lesiones cutáneas reducidas en un modelo de dermatitis similar a la psoriasis; adicionalmente, muestra diferentes artículos que presentan modelos estadísticos.

Watt *et al.* [9] centraron su trabajo en un metaanálisis de la red (*NMA*), donde comentan tratamientos NMA para la psoriasis. Afirman que las investigaciones pueden ser hechas mediante una revisión sistemática y NMA porque pueden hacer comparaciones indirectas entre intervenciones que no se han comparado previamente en ensayos controlados aleatorios, comparar la eficacia relativa o seguridad de más de dos intervenciones simultáneamente y clasificar las intervenciones en términos de su eficacia relativa o seguridad. Sin embargo, los investigadores y usuarios del conocimiento deben ser cautelosos al leer los resultados de la NMA y considerar las limitaciones a las que se enfrentan los metaanálisis por pares, incluidas las amenazas potenciales a la validez de los hallazgos del NMA por sesgos sistemáticos. Sus modelos estadísticos están fundamentados en NMA mediante herramientas pseudo-estadísticas modernas, tales como, minería de datos, redes neuronales, máquinas de vectores de soporte y otras correspondientes a las teorías de *big data*.

Kumar *et al.* [10] afirmaron que las células Foxp3+T-reguladoras (*Tregs*) desempeñan un papel esencial en la supresión de la respuesta autoinmune dirigida contra los autoantígenos y, por lo tanto, regulan la autotolerancia. Reportan que han sido notificadas alteraciones similares en los números y funciones de *Treg* en la psoriasis, que afecta al 2-3 % de la población mundial y que se han realizado

esfuerzos para aumentar el número de *Treg* en la psoriasis mediante el uso de un inhibidor de histona desacetilasa. Para su estudio, los autores despliegan un modelo de dos pasos de desarrollo de *Treg* tímico.

Parisi *et al.* [11] investigaron la comorbilidad psiquiátrica, la prescripción de medicamentos psicotrópicos y el riesgo de tendencias suicidas en personas con psoriasis. Para su investigación los autores delinearon una cohorte de pacientes con psoriasis durante 17 años mediante el enlace de datos de investigación de práctica clínica, con enlace a las estadísticas de episodios hospitalarios y los registros de mortalidad. Cada paciente con psoriasis fue emparejado con hasta 20 pacientes sin psoriasis por edad, sexo y práctica general. Utilizaron un modelo de *regresión Cox* estratificado para estimar los cocientes de riesgo para el suicidio o los riesgos de autolesiones no mortales ajustados por nivel socioeconómico.

Inicialmente Parisi *et al.* [11] con una muestra de 56961 y 876919 pacientes con y sin psoriasis, observaron una mayor prevalencia de antecedentes de abuso de alcohol, trastorno bipolar, depresión, trastornos de ansiedad, autolesiones y prescripción de fármacos psicotrópicos. El cociente de riesgo ajustado por privación indicó un menor riesgo de suicidio en personas con psoriasis. Establecieron que el riesgo de suicidio varió según la edad, mientras que no hubo diferencia en el riesgo de suicidio en las personas con psoriasis diagnosticada antes de los 40 años; por el contrario, hubo un pequeño aumento del riesgo de autolesión asociado con la psoriasis. Concluyen que la prevalencia de enfermedad mental aumentó en personas con psoriasis y esto puede conducir a un mayor riesgo de autolesión. Sin embargo, tener psoriasis no parece estar asociado con un mayor riesgo de suicidio.

El procesamiento de los datos usado por Parisi *et al.* [11] fue calcular las razones de prevalencia para las comorbilidades psiquiátricas y la prescripción de fármacos psicotrópicos al inicio del estudio utilizando un modelo de *regresión de Poisson* de efectos fijos. Calcularon las tasas de incidencia de suicidio y autolesiones en todas las personas y por género por 10000 personas/año, con sus intervalos de confianza (IC) del 95 %, para pacientes con y sin psoriasis. Los modelos de riesgo proporcional de *Cox* estratificados los ajustaron según el conjunto emparejado para estimar los cocientes de riesgos instantáneos (IC del 95 %) para el suicidio y las autolesiones en personas con psoriasis versus la cohorte de comparación. Los modelos fueron ajustados para el nivel socioeconómico del área.

Los autores realizaron análisis adicionales para examinar el riesgo de autolesión según la gravedad de la psoriasis. Este indicador fue estimado mediante un modelo con una covariable que cambia en el tiempo basada en la exposición al tratamiento sistémico (acitretina, etretinato, ciclosporina, hidroxicarbamida, metotrexato, ácido fumárico, fototerapia o una terapia biológica). Para ambos resultados, las interacciones entre la psoriasis y la edad, el género y el quintil de nivel socioeconómico del área fueron probadas por separado. Parisi *et al.* [11] ejecutaron varios análisis de sensibilidad para evaluar la solidez de ambos resultados. Por último realizaron una comparación con la evidencia existente.

Surmanowicz *et al.* [12] emplearon el aprendizaje automático, como otra herramienta de *big data* para estimar modelos estadísticos de predicción a largo plazo de los productos biológicos en pacientes con psoriasis. Es conveniente aclarar que estas herramientas tales como la minería de datos (*data mining*) y el aprendizaje automático son útiles cuando el objetivo de la investigación es la inmediatez de los resultados y funcionan en parte para orientar a la búsqueda de los modelos estadísticos más robustos.

Un modelo estadístico robusto permite determinar las siguientes características:

1. Todos los parámetros del modelo (los cuales representan valores marginales de gran importancia para el investigador).
2. Los p-valores de los parámetros estimados.
3. Un estudio de validación de los resultados mediante un análisis de los residuos.

Estas tres características son muchas veces sacrificadas por las herramientas de *big data* con el objetivo de una respuesta temprana.

Vermolen y Pölönen [13] cuantifican la incertidumbre en un modelo espacial de *cadena de Markov* para la progresión del cáncer de piel, donde afirman que modelos similares han sido usados para simular

las dinámicas de la psoriasis como un trastorno de la epidermis.

Strinkovsky *et al.* [14] afirmaron que la coordinación y cinética entre la dinámica de replicación de las células madre, sus progenitores y el equilibrio espacial entre ellas es crucial para el mantenimiento exitoso del tamaño del tejido y su reposición con nuevas células. Desarrollaron un modelo matemático para la dinámica espacial estocástica que subyace al rejuvenecimiento del epitelio corneal, modelo que tiene en cuenta diferentes correlaciones espaciales entre la replicación celular y la eliminación de células. Derivaron las compensaciones entre la vida útil replicativa, la duración de la correlación espacial y la dinámica de rejuvenecimiento de tejidos. Afirman que sus resultados pueden extenderse a cualquier sistema celular en el que se mantenga la homeostasis espacial a través de la replicación celular. Indicaron que el cáncer, el envejecimiento u otras afecciones hiperplásicas como la psoriasis son ejemplos extremos de cambios potencialmente extensos en la esperanza de vida replicativa que pueden provocar fallas en el mantenimiento de la renovación tisular y el tamaño adecuado del tejido, lo que genera una carga para las células madre, incapacidad para mantener la homeostasis y o regenerar el tejido bajo estrés. Por lo tanto, el modelo matemático para la dinámica espacial estocástica puede ser aplicado a un estudio de la psoriasis.

1.2. Procesos estocásticos

Yiu y Tom [15] analizaron la discapacidad funcional en la artritis psoriásica mediante modelos de dos partes con procesos estocásticos para modelar datos semicontinuos longitudinales. Realizaron un estudio muy detallado del modelo de dos partes y establecieron resultados de provecho para realizar pronósticos estadísticamente confiables.

1.3. Series temporales

Pascoe y Kimball [16] hicieron un estudio mediante descomposición estacional del acné y la psoriasis, al igual que el trabajo de Wu *et al.* [17], quienes verificaron el interés público de la enfermedad. Llama la atención que ambos trabajos realizaron la descomposición estacional de las series de datos, pero no estiman el modelo. Otro aspecto importante es la escasa longitud de los datos en el trabajo de Pascoe y Kimball, lo cual no permite establecer modelos consistentes ni realizar pronósticos estadísticos.

Polivka *et al.* [18] realizaron un estudio de tendencia en las tasas de hospitalización por brotes de psoriasis en Francia durante los años 2005 y 2015. Presentaron un análisis de series temporales interrumpido mediante regresión lineal segmentada, comentan que realizaron un ajuste estacional, sin haber verificado formalmente si los datos obedecen a un comportamiento estacional. Además, los modelos reportados en este estudio son elementales, tales como regresiones lineales a trazos y regresiones múltiples; modelos que no recogen el comportamiento autoregresivo y media móvil de los datos.

Existen aplicaciones de modelos ARIMA en estudios de otras áreas de ciencias médicas, entre los cuales podemos citar el trabajo de Tzur-Bitan y Meiran [19]. Además, de la investigación de Holmes *et al.* [20], quienes establecieron que una de las especificaciones propuestas del desfase de tiempo para daños crónicos a la salud relacionados con el alcoholismo fue la psoriasis.

2. Metodología

En el *Laboratorio de Procesos Estocásticos del Instituto de Matemáticas y Cálculo Aplicado* (*IMYCA*), mediante el software *Digitzel* que digitaliza los gráficos y los convierte en datos (t, X) fueron obtenidos los valores para el estudio a partir de la segunda figura del trabajo de Polivka *et al.* [18]. Seguidamente los datos extraídos son tratados como una serie temporal con el rango de tiempo t, trimestral en el intervalo $[2005q1;\ 2015q4]$ y X es el proceso a determinar su modelo; la variable X representa el cociente

$$X = \frac{\#\text{de hospitalizaciones por psoriasis}}{\#\text{camas de hospital para pacientes}}$$

Un análisis descriptivo de la serie X fue realizado, el cual incluye el espectro o periodograma de la muestra; además, las pruebas de raíces unitarias

Tabla 1: Modelo ARIMAX, usando las observaciones $2005q2-2015q4$ ($T = 43$), variable dependiente: ΔX

	Coeficiente	Desv. Típica	z	p-valor
ϕ_1	−0,587919	0,142393	−4,129	0,0000
ϕ_2	−0,514483	0,147259	−3,494	0,0005
ϕ_3	−0,377360	0,140344	−2,689	0,0072
R1	−1,78261	0,691566	−2,578	0,0099

Media de la vble. dep.	0,062791	D.T. de la vble. dep.	1,159689
Media innovaciones	0,075930	D.T. innovaciones	0,909974
Log-verosimilitud	−57,37429	Criterio de Akaike	124,7486

		Raíces			
		Real	Imaginaria	Módulo	Frecuencia
AR					
	Raíz 1	−1,5013	0,0000	1,5013	0,5000
	Raíz 2	0,0690	−1,3268	1,3286	−0,2417
	Raíz 3	0,0690	1,3268	1,3286	0,2417

de X y ΔX para determinar si el proceso es estacionario o integrado de primer orden fueron realizadas; por último fue determinado el modelo ARIMA(p, i, q) que esté mejor ajustado a los datos. Los detalles de la estimación del modelo de series temporales pueden ser revisados en varios artículos de la literatura [21]-[25].

3. Resultados

Polivka *et al.* [18] afirmaron haber realizado un ajuste para variaciones estacionales; pero al realizar el espectro de los datos extraídos, el resultado es que no existe amplitud en ninguna de las frecuencias significativamente superior a las demás amplitudes. Por lo tanto, no existe comportamiento estacional en los datos de la serie en estudio.

La prueba de raíces unitarias mostró que el proceso es integrado de primer orden, $I(1)$; luego, el modelo a estimar es del tipo ARIMA$(p, 1, q)$.

El modelo que mejor se ajusta a los datos es un ARIMAX$(3, 1, 0)$ con variable externa R_1 dado en la Ecuación 1,

$$\begin{aligned}\Delta X_t = \quad & -0,587919\Delta X_{t-1} - 0,514483\Delta X_{t-2} \\ & -0,377360\Delta X_{t-3} - 1,782610R_1 + \varepsilon_t,\end{aligned} \tag{1}$$

cuyos parámetros están dados en la Tabla 1, donde Δ es el operador diferencia

$$\Delta X_t = (1 - L)X_t = X_t - X_{t-1},$$

ϕ_j es el coeficiente de

$$L^j \Delta X_t = \Delta X_{t-j}$$

y R_1 es una variable artificial.

Por las características reportadas por Polivka *et al.* [18] fueron presentadas dos variables artificiales para los intervalos $[2005q1, 2008q4]$ y $[2010q1, 2015q4]$, dadas por

$R1_t = 1$ si $t \in [2005q1, 2008q4]$, 0 en otro caso.

$R2_t = 1$ si $t \in [2010q1, 2015q4]$, 0 en otro caso.

Las variables $R1$ y $R2$ fueron incluidas, pero $R2$ no fue estadísticamente significativa en el modelo resultante. El coeficiente negativo en $R1$ permite afirmar que existe un cambio de estado del proceso en estudio, con incremento en el instante $t = 2008q4$.

4. Conclusiones

La psoriasis como enfermedad reemergente afecta a la sociedad actual, por lo cual es necesario realizar estudios formales del comportamiento de la afección, tomando en cuenta muchos factores de tipo clínicos epidemiológicos y farmacéuticos; además, de su interacción con otras dolencias. Si las instituciones disponen de una data adecuada estos estudios pueden ser realizados mediante modelos robustos que permitan, tanto realizar pronósticos estadísticos, como tomar a tiempo medidas pertinentes para mejorar la situación de los pacientes.

El modelo de series temporales obtenido está mejor adaptado a los datos que los modelos multilineales.

Referencias

[1] M. Marrón, A. Flores, S. Pinedo, R. García, Á. Ruíz y M.C. Ferreiro. Estudio clínico epidemiológico de pacientes con psoriasis del Hospital Universitario de Caracas. Período 2010 – 2014. *Dermatología Venezolana*, 54(2):25–31, 2016.

[2] R. Suárez, M. Cadena y A.B. Manrique. Evolución de la psoriasis con cirugía bariátrica. Artículo de Revisión. *Dermatología Venezolana*, 56(1):15–19, 2018.

[3] H. Romero-T., A. Aminian, R. Corcelles, A.P. Fernandez, P.R. Schauer, and S. Brethauer. Psoriasis Improvement After Bariatric Surgery. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 10(6):1155–1159, 2014.

[4] F. Guerriero, V. Orlando, V. M. Monetti, V. Russo, and E. Menditto. Biological Therapy Utilization, Switching, and Cost Among Patients with Psoriasis: Retrospective Analysis of Administrative Databases in Southern Italy. *Clinico Economics and Outcomes Research*, 9:741–748, Dec 2019.

[5] V. Belleudi, F.R. Poggi, S. Perna, L. Naldi, R. Bortolus, A.C. Rosa, U. Kirchmayer, M. Davoli, and A. Addis. Drug Discontinuation in Pregnant Women with Psoriasis: The PSOMOTHER Cohort Study. *Pharmacoepidemiology & Drug Safety*, 29(8):904–912, August 2020.

[6] C. P. Hernándes-F., G. Carretero, R. Rivera, C. Ferrándiz, E. Daudén, P. De La Cueva, I. Belinchón, F.J. Gómez-G., E. Herrera-A., D.P. Ruiz-G., M. Ferrán, M. Alsina, O. Baniandrés-R., J.L. Sánchez-C., R. Botella-E., A. Sahuquillo-T., L. Rodriguez, J. Vilar-A., C. García-D., J.M. Carrascosa, M. Llamas-V., E. Herrera-C., J.L. López-E., C. Pujol-M., M.A. Descalzo, and I. García-D. Effect of Sex in Systemic Psoriasis Therapy: Differences in Prescription, Effectiveness and Safety in the BIOBADADERM Prospective Cohort. *Acta Dermatology – Venerology*, 101(adv00354):1–8, Dic 2020.

[7] R. Mora, C. Vega, L. Manganiello, A, Gudiño, A. Leiva y S. Mouthar. Cáncer: Enfermedad emergente/re-emergente: Comportamiento demográfico y relación con el riesgo ambiental. *Informe Médico*, 10(11), 2008.

[8] M. Muñoz-R., N. Sumaria, D.J. Pennington, and B. Silva-S. Thymic Determinants of $\gamma\delta$ T Cell Differentiation. *Trends in Immunology*, 38(5):336–344, 2017.

[9] J. Watt, A.C. Tricco, S. Straus, A. Angeliki V., G. Naglie, and A.M. Drucker. Research Techniques Made Simple: Network Meta-Analysis. *Journal of Investigative Dermatology*, 139:4–12, 2018.

[10] P. Kumar, S. Saini, S. Khan, S. Surendra L., and B.S. Prabhakar. Restoring Self-tolerance in Autoimmune Diseases by Enhancing Regulatory T-cells. *Cellular Immunology*, 339:41–49, 2019.

[11] R. Parisi, R.T. Webb, C.E. Kleyn, M.J. Carr, N. Kapur, C.E.M. Griffiths, and D.M. Ashcroft. Psychiatric Morbidity and Suicidal Behaviour in Psoriasis: A Primary Care Cohort Study. *British Journal of Dermatology*, 180(1):108–115, January 2019.

[12] P. Surmanowicz, S. Emam, A. Du, S.F. Thomsen, R. Greiner, and R. Gniadecki. Predicting the Long-term Outcomes of Biologics in Psoriasis Patients using Machine Learning. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 83(6):AB86, 2020.

[13] F. Vermolen and I. Pölönen. Uncertainty Quantification on a Spatial Markov-Chain Model for the Progression of Skin Cancer. *Journal of Mathematical Biology*, 80:545–573, 2020.

[14] L. Strinkovsky, E. Havkin, R. Shalom-Feuerstein, and Y. Savir. Spatial Correlations Constrain Cellular Lifespan and Pattern

Formation in Corneal Epithelium Homeostasis. *eLife*, 10:e56404, 2021.

[15] S. Yiu and B.D.M. Tom. Two-Part Models with Stochastic Processes for Modelling Longitudinal Semicontinuous Data: Computationally Efficient Inference and Modelling the Overall Marginal Mean. *Statistical Methods in Medical Research*, 27(12):3679–3695, 2017.

[16] V.L. Pascoe and A.B. Kimball. Seasonal Variation of Acne and Psoriasis: A 3-year Study using the Physician Global Assessment Severity Scale. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 73(6):523–525, 2015.

[17] Q. Wu, Z. Xu, Y.L. Dan, C.-N. Zhao, Y.M. Mao, L.N. Liu, and H.F. Pan. Seasonality and Global Public Interest in Psoriasis: An Infodemiology Study. *Postgraduate Medical Journal*, 96:139–143, 2020.

[18] L. Polivka, N. Oubaya, H. Bachelez, C. Paul, M.A. Richard, M. Beylot-B., J.L. Schmutz, N. Beneton, E. Mahé, M. Viguier, O. Chosidow, F. Canoui-P., and E. Sbidian. Trends in Hospitalization Rates for Psoriasis Flares Since the Introduction of Biologics: A Time Series in France Between 2005 and 2015. *Journal of the European Academy of Dermatolody and Venereology*, 32(11):1920–1929, 2018.

[19] D. Tzur-Bitan and N. Meiran. Is the Looming Maladaptive Cognitive Style a Central Mechanism in the (Generalized) Anxiety–(Major) Depression Comorbidity: An Intra-Individual, Time Series Study. *International Journal of Cognitive Therapy*, 5(2):170–185, 2012.

[20] J. Holmes AD P.S. Meier, A. Booth, Y. Guo, and A. Brennan. The Temporal Relationship Between Per Capita Alcohol Consumption and Harm: A Systematic Review of Time Lag Specifications in Aggregate Time Series Analyses. *Drug and Alcohol Dependence*, 123:7–14, 2012.

[21] C. Vega. *Aplicación de técnicas wavelet al análisis de series temporales*. Tesis doctoral, Departamento de Estadísticas e Investigación de Operaciones, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Granada, España, 2003.

[22] C. Vega. Modelos alternativos no lineales. En Banco Central de Venezuela, editor, *I Encuentro UC – BCV*, Universidad de Carabobo – Banco Central de Venezuela, Valencia, Venezuela, 2005.

[23] J. Guevara, C. Vega y E. Guevara. Análisis estocástico de una serie cronológica de caudales mensuales. Caso de estudio: Río Caroní, Venezuela. *Revista Ingeniería UC*, 17(1):46–54, 2010.

[24] R. Contreras, J. Rodríguez, A. Romero, P. Polo y C. Vega. Deuda y crecimiento económico: un análisis empírico. En AsoVAC Carabobo, editor, *LXIII Convención de AsoVAC*, volume 63 of *Convención Nacional de AsoVAC*, Valencia, Venezuela, 2010. Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia.

[25] C. Vega. Papel de trabajo, aspectos epistemológicos de la estimación estadística de modelos: Investigación ex-post-facto. *Papeles de Trabajo del IMYCA*, 2015.

Apéndices

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Rules for Submitting Articles – Section Science and Technology

Editorial Line

Ciencia en Revolución journal will consider for its diffusion original and unpublished works in the scientific – technological scope.

All manuscripts that are received for publication will be submitted to expert referees in the area by external reviewers to the CNTQ, using the double-blind system. The author must accept this arbitration.

Ciencia en Revolución is an open access digital journal, it does not charge for its dissemination, it is maintained by collaboration of members of the scientific community.

Type of Manuscripts

Ciencia en Revolución will accept the following works for publication

1. *Articles of technological trend*, prospective studies of medium and long term R+D+i of high utility in the industrial field with a maximum of eighteen (18) pages long.

2. *Unpublished research articles*, with a maximum of twenty (20) pages.

3. *Technical notes*, with a maximum of five (5) pages long.

4. *Preliminary overview*, initial manuscripts of a project beginning to be developed.

5. *State of the art*, articles of scientific update that summarize a specific area referring to what to do scientific – technological with a maximum of eighteen (18) pages.

6. *Article special invited*, with a maximum of twenty (20) pages.

7. *Articles of scientific disclosure*, with a maximum of five (5) pages.

8. *Letters to the editor*, with a maximum of five (5) pages.

Commitment

Submitting an article to *Ciencia en Revolución*, the author formally declares that the work is original and unpublished, he shows his knowledge of *Ciencia en Revolución* standards and that his work will be arbitrated by peers (experts in the area, external to CNTQ). The author must sign a commitment letter upon receipt.

Article Style

Articles may be sent either in spanish or english. The original work should be written using LaTeX, or in Microsoft Word. Works in Word processor must employ a fount of family Time. The works will be accepted through the e-mail of the journal.

The works in LaTeX must include the files pdf, tex and a folder with the figure in eps (or png).

Objects

The objects in the manuscript are the categories: sections, equations, figures and tables; each and every floating object will be numbered in consecutive Arabic (1,2, ...) for each category throughout the entire manuscript. They must be cited and commented on in the text. The citation will be as the proper name of the object in capital letters (not abbreviated), in accordance with international standards for scientific articles. For example: "in the Section 1", "in the Figure 3", "in the Table 2", "in the Equation (1)", just as if the author cites an internal section it will be cited in the form "in the Section 2". All table or figure must have a wide maximum of 17,5 cm, with following the particular characteristics:

- *Figures* must be preferable in pdf, eps or png format (also admit jpg format, if these are of high quality), the figure must to be added in records separated and numbered. Figures caption or descriptions can not be into these, they must be includes in the text of the work and in a file apart called Figure Caption. Legends or descriptions of the figures can not be embedded in them, they must be included

in the text of the work and in a separate file called Legend of Figures.

- *Tables* can not be protruded by any type of color. Only the texts to be produced by means of "bold type". Also, the table must to be included in others files numerated and it is necessary to include a file with table caption.

Writing Order

The writing must have the following order:

- Title Page,
- Introduction,
- Methodology or Research Development,
- Analysis and Discussion of Results,
- Conclusions,
- References.

Title Page

Title page should contain:

a) *Title of the work* in spanish and english, maximum 20 words, they must obey the grammar rules for the titles of each language.

b) *Full name(s) of author(s).*

c) *Full institutional address(es)*, without abbreviations.

d) *Email* and telephone number of each author (only the author's correspondence email will be published).

e) *Summary* of the work in spanish and english (abstract) with a maximum of 200 words; in a single paragraph, and respect the grammar of each language.

f) *Keywords* at the end of the summary in spanish, and abstract in english three to five (3 to 5) keywords should be added.

Work body

The body of the manuscript begins on a new page, with the sections introduction, methodology or development of the investigation, analysis and discussion of results; and finally the conclusions.

The headings of each section are written as a title, according to grammar of the language (spanish or english), numbered consecutively as is the norm in all scientific articles.

Note: For all articles in english, every section in the manuscript will be numbered as follows. In accordance with the standards of scientific journals.

1 Introducion

In this manuscript part the topic to be discussed and the delimitations will be specified, it will include the variables under study. The author(s) must finish indicating the goal, importance and relevance of the work.

2 Methodology

This section must contain each of the procedures performed separated into subsections.

3 Analysis and Discussion of Results

The author(s) will indicate the products of his research with a detailed study; as a consequence of the proposed methodology.

4 Conclusions

The conclusions should be written briefly in one or two paragraphs, without using numbers or bullets, they will be based on their results.

If the authors wish, they can include between the conclusions and the references the acknowledge to those institutions (or people) that have collaborated and/or financed the development of the research; this acknowledge would go as an unnumbered section.

Note: *The citations of references* in the text are in Vancouver format in strict order of appearance, they must contain the name of the main author followed by the corresponding reference number; for example: Guevara, *et al.* [9], or simply [9] without the author's name.

References

At the end of the conclusions the author(s) will place references; which must follow the following rules:

The references for articles in LaTeX the bibliography style "unsrt" will be used, Vancouver format for works in Word. The bibliographic references will be written in order of citation, they must be complete and contain each and every one of the data to be identified.

The following types of works can be cited:

1. Articles of scientific journals.
2. Articles of conference proceedings.
3. Articles in collections.
4. Books.
5. Chapters in a book.
6. Congresses memories.
7. Doctoral theses.
8. Master theses.
9. Special grade works.
10. Technical reports.
11. Technical manuals.
12. Patents.
13. Norms and laws.
14. It is not allowed to cite electronic addresses or web pages.

In the case of journal articles: they will contain: Author (s) (initial of the name, surname). title. *name of the journal*, volume(number): pages, year of publication.

For example:

[9] J. Guevara, C. Vega and E. Guevara. Stochastic Analysis of a Monthly Flows Time series. Case Study: Río Caroní, Venezuela. *Revista Ingeniería UC*. 17(1):46–54, 2010.

In the case of books: Author(s) (in caps and lower case). *Title*. Publisher, place, year of publication should be included.

For example:

[10] J.M. Hill and J.N. Dewynne. *Heat Conduction*. Blackell Set. Pub. London, 1987.

Work in an edited collection: Author(s) (in caps and lower case). *Title*. In colection title, volume, Publisher, place and year.

For example:

[11] W.S. Kane. *Thriving in Change*. In The Truth About, 25. FT Press, New York, 2008.

It is recommended to the authors to follow the International Nomenclature Norms (symbols, units and abbreviations).

Final Notes

Articles will be submitted for the reviewing process before they can be published.

Ciencia en Revolución
Centro Nacional de Tecnología Química,
CNTQ
Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda,
Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez,
Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química,
La Carlota, Chacao, Caracas, Estado Miranda, Venezuela.
Código Postal 1064.
Teléfonos:
(+58-212) 239.81.25,
882.65.61, 555.09.75;
Correo–e:
revistacntq@mppct.gob.ve
revista.cntq@gmail.com

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Normas para la presentación de artículos – Sección Ciencia y Tecnología

Línea editorial

La revista *Ciencia en Revolución* considerará para su difusión trabajos originales e inéditos en el ámbito científico – tecnológico.

Todos los manuscritos que sean recibidos para su publicación serán sometidos a arbitrajes de expertos en el área por revisores externos al CNTQ, mediante el sistema de doble ciego. El autor debe aceptar este arbitraje.

Ciencia en Revolución es de **acceso abierto**, no cobra por su difusión, es mantenida por colaboración de miembros de la comunidad científica.

Tipos de trabajos

Ciencia en Revolución aceptará para su publicación los siguientes trabajos

1. *Artículos de tendencia tecnológica*, estudios de prospectiva de I+D+i a medio y largo plazo de alta utilidad en el campo industrial con una extensión máxima de dieciocho (18) páginas.
2. *Artículos de investigación*, inéditos una extensión máxima de dieciocho de veinte (20) páginas.
3. *Revisiones preliminares*, manuscritos iniciales de un proyecto que está comenzando a ser desarrollado, con una extensión máxima de dieciocho de doce (12) páginas.
4. *Notas técnicas*, con una extensión máxima de dieciocho de cinco (5) páginas.
5. *Estado del arte*, artículos de actualización científica de un área específica referente al quehacer científico–tecnológico con una extensión máxima de dieciocho de dieciocho (18) páginas.
6. *Artículos invitados*, especiales con una extensión máxima de dieciocho de veinte (20) páginas.
7. *Artículos de divulgación científica*, con una extensión máxima de dieciocho de cinco (5) páginas.
8. *Cartas al editor*, con una extensión máxima de dieciocho de cinco (5) páginas.

Compromiso

Al enviar un artículo a la revista *Ciencia en Revolución*, el autor declara formalmente que el trabajo es original e inédito, manifiesta su conocimiento de las normas de la revista y que su trabajo será arbitrado por pares (revisores externos al CNTQ). Debe firmar una carta compromiso al momento de su recepción.

Estilo

La redacción de los trabajos puede realizarse en idioma español o inglés. El trabajo original debe ser redactado en formato LaTeX o en su defecto en Microsoft Word. Los trabajos en Word deben emplear una fuente de la familia Times. Los trabajos serán aceptados a través del correo de la revista.

Los trabajos en LaTeX deben incluir los archivos pdf, tex y una carpeta comprimida con las Figuras en eps (o png).

Objetos

Son objetos en el manuscrito las categorías: secciones, ecuaciones, figuras y tablas; todos y cada uno de los objetos flotantes serán numerados en arábigos (1,2, . . .) consecutivos para cada categoría a lo largo de todo el manuscrito. Deben ser citados y comentados en el texto. La cita será como nombre propio del objeto en mayúscula (sin abreviar), conforme a las normas internacionales para artículos científicos. Por ejemplo: “en la Figura 3”, “en la Tabla 2”, “en la Ecuación (1)”, al igual si el autor cita una sección interna será citado de la forma “en la Sección 2”. Cada tabla o figura debe tener un ancho máximo de 17,5 cm, siguiendo las características particulares.

- *Las figuras* deben ser en formato vectorizado preferiblemente png o eps (también se admiten los formatos CompuServe gif o jpg, si estas son de alta calidad para trabajos en word). Cada figura debe ser enviada en archivos gráficos independientes y numerados. Las leyendas o descripciones de la figuras no pueden estar embutidas en éstas, deben ser incluidas en

el texto del trabajo y en un archivo aparte llamado *Leyendas de Figuras*.

- *Las tablas* no pueden ser resaltadas por ningún tipo de color. Solamente los textos a resaltar mediante "negritas". También deben incluirse las tablas en archivos aparte numerados y es necesario incluir un archivo con las leyendas de las tablas.

Orden de redacción

El orden a seguir para la redacción del trabajo es el siguiente:

- Portada
- Introducción
- Metodología o desarrollo de la investigación
- Análisis y discusión de resultados
- Conclusiones
- Referencias bibliográficas.

Portada. La portada debe contener las siguientes partes:

a) *Título del trabajo* en español y en inglés, con un máximo de 20 palabras, debe obedecer a las normas gramaticales para los títulos de cada idioma.

b) *Nombre(s) del(de los) autor(es).*

c) *Dirección(es) institucional(es)* completa(s), sin abreviaciones.

d) *Correo electrónico* y número de teléfono de cada autor (únicamente será publicado el correo electrónico del autor para correspondencia).

e) *Resumen del trabajo* en español y en inglés (Abstract) con una extensión máxima de 200 palabras; en un único párrafo, y respetará la gramática de cada idioma.

f) *Palabras clave* al final tanto del resumen como del abstract deben agregarse entre tres (3) y cinco (5) palabras clave.

Desarrollo

El cuerpo del manuscrito comienza en una nueva página, con las secciones introducción, metodología o desarrollo de la investigación, análisis y discusión de resultados; y por último las conclusiones.

Los encabezamientos de cada sección se escriben tipo título, de acuerdo al buen uso de la gramática del idioma en redacción (español o inglés) numeradas consecutivamente como es norma en todos los artículos científicos.

Nota: Para artículos en español, todas las secciones en el manuscrito serán numeradas en concordancia a los estándar de las revistas científicas, como se muestra a continuación.

1. Introducción

En esta parte del manuscrito será especificado el tema a tratar y las delimitaciones, incluirá las variables en estudio. Los autores deben terminar indicando la meta, importancia y pertinencia del trabajo.

2. Metodología

Esta sección debe contener cada uno de los procedimientos realizados separados en subsecciones.

3. Análisis y discusión of resultados

Los autor(es) indicarán los productos de su investigación con un estudio detallado; como consecuencia de la metodología planteada.

4. Conclusiones

Las conclusiones deben ser redactadas brevemente en uno o dos párrafos, sin emplear números ni viñetas, estarán fundamentadas en sus resultados.

Si los autores desean pueden incluir entre las conclusiones y las referencias una sección de agradecimiento a aquellas instituciones (o personas) que han colaborado en el desarrollo y/o financiado la investigación; este agradecimiento iría como una sección sin numeración.

Las *citas de referencias* en el texto debe ser en formato Vancouver, en estricto orden de aparición, contendrán el nombre del autor principal seguido de corchetes con el número correspondiente a la referencia, por ejemplo: Guevara, *et al.* [9], o simplemente el número de la referencia bibliográfica [9], sin citar al autor.

Referencias

Al final de las conclusiones el(los) autor(es) colocaran las referencias; las cuales deben seguir las siguientes normas:

Para los artículos en LaTeX se usará el estilo de bibliografía "unsrt", estilo Vancouver para trabajos en Word. Las referencias bibliográficas se escribirán en orden de citación, deben ser completas y contener todos y cada uno de los datos para identificarla.

Se pueden citar:

1. Artículos de revistas científicas.
2. Artículos de memorias de congresos.
3. Artículos en colecciones.
4. Capítulos en un libro.
5. Memorias de congresos.
6. Libros.
7. Tesis doctorales.
8. Trabajo de grado de maestría.
9. Trabajos especiales de grado.
10. Informes técnicos.
11. Manuales técnicos.
12. Patentes.
13. Normas y leyes.
14. No se permiten direcciones electrónicas ni páginas web.

En el caso de artículos de revista contendrán: autor(es) (inicial del nombre, apellidos). Título. *nombre de la revista*. Volumen(número):páginas, año de publicación.

Por ejemplo: [9] J. Guevara, C. Vega y E. Guevara. Análisis estocástico de una serie cronológica de caudales mensuales. Caso de estudio: Río Caroní, Venezuela. *Revista Ingeniería UC*. 17(1):46–54, 2010.

En caso de libros ha de incluirse: autor(es). *Título*. Editorial, lugar de publicación, año de publicación.

Por ejemplo: [10] J.M. Hill y J.N. Dewynne. *Conduccion de calor*. Blackell set. Pub., London, 1992.

En caso de colección editada: autor(es). *Título*. En título de la colección, volumen, Editorial, Lugar, año de publicación.

Por ejemplo: [11] W.S. Kane. *Prosperando en el cambio*. En La verdad sobre, 25, FT Press, New York, 2008.

Se recomienda a los autores tener en cuenta las normas internacionales de nomenclatura para la utilización de símbolos, unidades y abreviaturas.

Notas finales

Los artículos se enviarán para el proceso de revisión a doble ciego por árbitros externos antes de publicarse.

Ciencia en Revolución
Centro Nacional de Tecnología Química,
CNTQ
Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda,
Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez,
Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química,
La Carlota, Chacao, Caracas, Estado Miranda, Venezuela.
Código Postal 1064.
Teléfonos:
(+58-212) 239.81.25,
882.65.61, 555.09.75;
Correo–e:
revistacntq@mppct.gob.ve
revista.cntq@gmail.com

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Políticas antiplagio

Este documento ha sido aprobado por el comité de editores técnicos y está fundamentado en el trabajo de Vega y Manganiello[2].

El comité de ética en publicaciones (COPE por sus siglas en inglés, *Committee on Publication Ethics*) define plagio:

> "*cuando alguien presenta el trabajo de otros autores (datos, palabras o teorías) como si fuera propio y sin el debido reconocimiento a los autores originales.*"[3].

Herramientas para la detección de similitudes

La revista digital *Ciencia en Revolución* emplea la verificación de similitud de texto, tablas e imágenes mediante herramientas en línea para detectar material no original; para conocer sobre las herramientas en línea, el revisor puede consultar el artículo de Shkodkina y Pakauskas[4]. Pueden utilizar las siguientes:

1. Urkund system
   https://www.urkund.com/
2. Copionic
   https://www.fayerwayer.com/2011/05/copionic-un-software-para-detectar-plagios-en-internet/
   https://copionic.softonic.com/aplicaciones-web
3. Plagiarism scanner
   https://www.plagiarismchecker.net/plagiarism-scanner.php
4. Grammarly
   https://www.grammarly.com/
5. Plagium
   https://www.plagium.com/
   http://www.plagium.com/es/detectordeplagio
6. Plagiarisma
   http://plagiarisma.net/
7. PaperRater
   https://www.paperrater.com/
8. Copyscape
   https://www.copyscape.com/
9. Copyleaks
   https://copyleaks.com/
10. Plagtracker
    https://www.plagtracker.com/
11. Plagiarism checker
    https://www.plagramme.com/

En el caso de las imágenes, las herramientas disponibles en red son

1. CC Search
   https://search.creativecommons.org/
2. Tin Eye
   https://tineye.com/

[2]C. Vega and L. Manganiello. Relevant Aspects of Anti-plagiarism Policies. *Ciencia en Revolución*, 6(19):VII–XI, 2020

[3]COPE. *Guidelines on good publication practice*. Guidelines, Committee on Publication Ethics, United Kingdom, 1999.

[4]Y. Shkodkina and D. Pakauskas. Comparative analysis of plagiarism detection systems. *Business ethics and leadership*, 1(3):27–37, 2017.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Adicionalmente, la edición técnica dispone de la herramienta de detección de plagio *Adaptive Algorithm for Plagiarism Detection* (*AAPD*), con licencia GNU/GPL de propósitos académicos, desarrollada en Python, bajo el sistema operativo Linux, la cual puede ser modificada y adaptada a las necesidades del usuario, para asegurar la precisión en la detección.

Los autores que envíen un manuscrito deben saber que su trabajo será verificado de similitud en cualquier momento durante el proceso de revisión por pares o de edición y diagramación. Cuando encuentren una superposición, los responsables de la revista examinarán los resultados de la verificación de similitud para establecer si constituye plagio o si existen razones legítimas para la superposición.

Cualquier detección de plagio o reciclaje de texto en un manuscrito enviado a la revista *Ciencia en Revolución* será investigada por los editores ejecutivos de la revista. Si las acusaciones parecen estar fundadas, el Comité Editorial se pondrá en contacto con el autor para correspondencia y solicitará una explicación por escrito del material superpuesto. Después de recibir la respuesta del autor para correspondencia, el Comité Editorial decidirá cómo proceder, con las siguientes posibles acciones:

- Si un artículo aún está en revisión por pares, puede devolverse al autor con una solicitud de que aborden los problemas mediante las citas adecuadas, el uso de comillas para identificar citas directas o una nueva redacción.
- Si la similitud entre los manuscritos es superior al 25 % debe hacer saltar las alarmas para que los editores realicen una verificación, entonces de acuerdo a su veredicto el Comité Editorial puede rechazar el artículo.
- Si el artículo ya está publicado en línea, se puede publicar una corrección, expresión de preocupación o retractación.
- También se puede informar a la institución de afiliación del autor.

Nota: La revista *Ciencia en Revolución* aplica el procedimiento descrito por el comité de ética en publicaciones (COPE).[5].

Recomendaciones

Para la prevención del plagio la revista recomienda a los autores que cuando citen trabajos anteriores de otros investigadores (o propios), se aseguren de los siguientes aspectos:

- Todo escrito textual citado debe estar claramente marcado en otro tipo de letra y con comillas.
- Debe atribuir y hacer referencia a la fuente de la cita correspondiente claramente dentro del texto y en la sección de referencias.
- Debe obtener el permiso del editor original y el titular de los derechos al utilizar figuras o tablas previamente publicadas.
- Cada autor debe emplear las herramientas de detección de similitudes en su manuscrito antes de postularlo a la revista.

Si algún autor o revisor está interesado en leer más sobre el tema puede consultar el libro de N. Quevedo[6]

[5]COPE. What to do if you suspect plagiarism. Committee on Publication Ethics, https://publicationethics.org

[6]N. Quevedo P., editor. *Citas y referencias. Citar vs plagiar*. Biblioteca de la Universidad de Lima, 2014.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Carta de compromiso

Envíe con su trabajo la siguiente carta al Comité Editorial de Ciencia en Revolución.

Ciudadanos
Editor(a) en jefe y demás
Miembros del Comité Editorial
de la revista Ciencia en Revolución
Presente.

Por medio de esta comunicación envío a Ud. (s) el manuscrito del trabajo titulado:

_____

_____

para que sea sometido a evaluación para la publicación. Manifiesto que este trabajo es original e inédito, no ha sido publicado, no es duplicado, ni redundante; no está siendo sometido simultáneamente a arbitraje para su publicación por ningún medio de difusión, que los datos son originales y verídicos, que el trabajo, tanto en su texto como las tablas y figuras ha sido elaborado de acuerdo a las instrucciones para los autores, publicadas por *Ciencia en Revolución* y que las referencias están directamente relacionadas con el trabajo.

Se designa como autor de correspondencia al autor o coautor que lo indique, con quien el Comité Editorial mantendrá comunicación a través de los correos electrónicos revistacntq@mppct.gob.ve; revista.cntq@gmail.com, quien será responsable ante autores y coautores y dará respuesta rápida a los requerimientos del Comité Editorial. No se conocen conflictos de intereses y de haberlos los autores y coautores están obligados a indicarlo en el original junto a la fuente de financiamiento.

Firma: _____

El autor para correspondencia.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

El cuerpo de editores académicos

Los editores académicos de Ciencia en Revolución

Los miembros del cuerpo de editores académicos serán designados por el Comité Editorial de la revista digital *Ciencia en Revolución*. Este cuerpo está conformado por el editor en jefe, editores ejecutivos, editores asociados y editores técnicos.

Funciones y responsabilidades de los editores académicos

Los editores académicos de la revista digital *Ciencia en Revolución* evaluarán el alcance y la calidad de cada manuscrito recibido y harán las recomendaciones basadas en las observaciones de los revisores externos.

El consejo editorial junto con el cuerpo de editores académicos son colectivamente responsables de garantizar que la revista digital *Ciencia en Revolución* publique investigaciones de alta calidad que sean coherentes con su alcance y objetivos.

Actual cuerpo de editores académicos

El cuerpo de editores académicos de la revista digital *Ciencia en Revolución* está conformado por:

Editora en jefe:
Dra. Magaly Henríquez González; e-mail: mhenriquez.cntq@gmail.com.

Editores ejecutivos:

- Dr. Samuel Villanueva Velásquez; e.mail: svillanueva.cntq@gmail.com.
- Lcda. Dayana Arreaza; e-mail: darreaza.cntq@gmail.com.

Editora asociada:
Lcda. María Laura Chona; e-mail: mchona.cntq@gmail.com.

Editores técnicos:

- Dra. Lisbeth Manganiello; e-mail: lisbethmanganiello@gmail.com.
- Dr. Cristóbal Vega; e-mail: vega.cristobal@gmail.com.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Estrategias de evaluación de los manuscritos

Todos los manuscritos a ser considerados para su publicación deben ser enviados al correo electrónico revistacntq@mppct.gob.ve y/o revista.cntq@gmail.com. El autor para correspondencia será responsable del seguimiento del proceso de evaluación, así como de las sugerencias enviadas a su correo electrónico. Durante todo el proceso de evaluación cualquiera de los autores puede realizar consultas del estatus de su manuscrito.

Evaluación de los manuscritos

Los manuscritos pasaran por diferentes etapas, para verificar que el trabajo cumple con lo exigido en la línea editorial indicada en las normas para la presentación de artículos, así como todas las características de las instrucciones a los autores (ver página d); también será evaluado lo referido a la ética del trabajo (ver página m); además son contemplados en la evaluación: la actualidad, importancia y pertinencia del contenido; entre otros aspectos.

Los autores estarán conscientes que sus manuscritos serán evaluados y guiados en las siguientes etapas:

1. Revisión por el Comité Editorial y cuerpo de editores académicos.
2. Arbitraje por pares a doble ciego.
3. Revisión por los editores técnicos.

1. Revisión por el Comité Editorial y cuerpo de editores académicos

El Comité Editorial, junto con el cuerpo de editores académicos realizará una revisión preliminar, donde será verificado que el manuscrito cumple con la línea editorial de la revista.

En caso de que el manuscrito esté en la línea editorial, el autor por correspondencia recibirá la información correspondiente; el cuerpo de editores académicos elaborará una versión anónima (donde son eliminados los nombres de los autores y su afiliación institucional) que será enviada a los revisores externos para el proceso de arbitraje a doble ciego.

Si el manuscrito no está en la línea editorial, se le informará al autor para correspondencia, donde se le notificará en cuales aspectos no cumple con este requisito.

Esta etapa tiene una duración de cinco a ocho días hábiles; en la cual, también se inicia el proceso de verificación de similitudes con otras publicaciones en la web.

2. Arbitraje por pares a doble ciego

La etapa de arbitraje por pares a doble ciego será realizada por expertos en el área de conocimiento. Los revisores o árbitros serán externos al Centro Nacional de Tecnología Química.

Los revisores son seleccionados de los diferentes institutos, centros de investigación y universidades nacionales e internacionales. Su experiencia en el área será verificada por el Comité Editorial; para garantizar la idoneidad de la experiencia, los editores académicos verificarán que el revisor tiene al menos dos publicaciones en los últimos tres años en revistas científicas distintas a la revista digital *Ciencia en Revolución*, de las cuales una es en una revista internacional.

El grupo total de revisores de la revista digital *Ciencia en Revolución* está determinado por factores que incluyen el número de manuscritos que recibe la revista, el tiempo promedio que tarda un manuscrito en procesarse y el compromiso de tiempo de cada revisor individual con el Comité Editorial. Cada manuscrito será enviado a tres revisores externos.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

La esencia de la revisión del manuscrito está en la etapa de arbitraje por pares; así que, este escrito explica los pasos involucrados en el proceso de evaluación del manuscrito y ofrece una guía útil para los revisores. En esta etapa son evaluados los siguientes aspectos:

1. *Originalidad del trabajo*, los árbitros como especialistas del área de conocimiento del manuscrito evaluarán que el trabajo sea original, además recibirán de parte del Comité Editorial las herramientas informáticas usuales para verificar las similitudes entre el manuscrito y trabajos ya publicados.
2. *Actualidad*, en esta etapa será evaluado si el problema tratado es un tema de actualidad en el desarrollo científico.
3. *Referencias*, los árbitros verificarán si todas las referencias son importantes para el trabajo y si deben incorporarse nuevas citas. Adicionalmente, evaluarán si las referencias están debidamente actualizadas.
4. *Las tablas y figuras* serán evaluadas para verificar que cada una sea pertinente en el trabajo y además que estén debidamente referenciadas y analizadas en el texto.
5. *El objetivo de la investigación* será evaluado si es claro y preciso en su exposición.
6. *La importancia y pertinencia* será otro tópico a evaluar.
7. *La metodología* del trabajo será evaluada para garantizar que permite el logro de los objetivos o metas.
8. *Concordancia* entre los resultados y la metodología planteada.
9. *La redacción y estilo* será revisada por los árbitros en el buen uso del lenguaje.

Un árbitro puede y debe inhibirse de la revisión de un manuscrito, si existe algún conflicto de intereses; también, se inhibe si supone conocer quiénes son los autores del manuscrito. Aunque la selección de revisores es realizada con cuidado, si un revisor sospecha de un conflicto de intereses (por ejemplo, trabaja en la misma institución que uno de los autores o está trabajando en un proyecto competitivo), debe negarse a manejar el manuscrito.

Es función de los revisores evaluar los detalles técnicos. Sin embargo, si un árbitro encuentra que un manuscrito está demasiado lejos de su área de especialización, debe negarse a manejar el manuscrito.

Una vez que han revisado el manuscrito, los árbitros enviaran su veredicto al Comité Editorial, quienes en base a la evaluación decidirán si el manuscrito puede ser publicado tal como está, debe ser sometido a correcciones menores o a correcciones mayores. En última instancia pueden tomar la decisión de no publicar el trabajo. El proceso de arbitraje a doble ciego tiene una duración entre diez y cuarenta días hábiles.

Conflicto de intereses

El Comité Editorial de la revista digital *Ciencia en Revolución* deben ser consciente del riesgo de conflictos de intereses al manipular un manuscrito. Entre sus atribuciones está evitar la asignación de manuscritos a revisores que puedan incurrir en este aspecto.

Por lo general, no será seleccionado un revisor que trabaja o ha trabajado recientemente en la misma institución, que ha sido coautor de un artículo o que tiene una colaboración reciente o actual con el autor o autores. Si existen dudas al respecto, el Comité Editorial nombrará otro árbitro.

3. Revisión por los editores técnicos

Los editores técnicos verificarán que el manuscrito cumple con todas y cada una de las normas para los autores dadas por la revista. Sus sugerencias son de carácter obligatorio.

Ciencia en Revolución, Vol. 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Políticas de ética y publicación

Introducción

Ciencia en Revolución (revista digital) es una revista de acceso abierto, como publicación científica cuatrimestral incluye tres números (abril-agosto-diciembre) por cada volumen en un año, alcanza la generación continua de contenidos como principal organismo de difusión académica, científica y tecnológica del Centro Nacional de Tecnología Química. El idioma principal de la revista es el español, manejando el inglés como segundo idioma y todos los artículos incluyen tanto el título como el resumen en ambos idiomas.

El Comité Editorial está comprometido en mantener los más altos estándares éticos, efectúa acciones en contra de cualquier práctica antiética o por negligencia profesional. El plagio está estrictamente prohibido y nuestros autores y demás investigadores expresan formalmente que sus trabajos son originales, inéditos, y no están siendo sometidos a procesos de arbitraje en otras revistas, por otra parte, queda expresamente prohibido la copia o el plagio, parcial o en su totalidad, de otras obras. Todo trabajo para ser publicado cuenta con la exigencia de manera explícita a sus autores de la normativa ética de la revista que está plasmado en la carta de compromiso dada en la página i.

Prácticas antiéticas y negligencia profesional

Por considerar tanto aspectos científicos como tecnológicos, hay que tomar en cuenta la necesidad de velar por la veracidad de toda información suministrada incluyendo datos técnicos, diagramas, tablas y figuras, diseños experimentales, metodologías, entre otros, siendo de vital importancia la cita a las referencias respectivas indicando con los estándares habituales cuando la información es tomada textualmente. Será considerado como faltas graves y conlleva un proceso sancionatorio:

1. **Copias o plagio:** Presentar datos o ideas como propios, de manera parcial o en su totalidad, provenientes de otras obras.
2. **Falsificación o adulteración:** La modificación y cambio de datos presentados, omitir información de tal forma que la investigación no esté completamente presentada.
3. **Presentación de datos no verídicos:** Fabricación, manipulación y presentación de información que no se desprenden de datos reales derivados de la investigación.
4. **Alteración de autor y coautores:** La inclusión de algún miembro que no ha participado en la investigación, así como, la exclusión de alguno que si lo ha realizado. De igual forma, cualquier modificación relacionada con cambios en autores y coautores, debe estar debidamente justificada; luego de finalizado el proceso de edición no será considerada.
5. **Alteración del proceso de arbitraje:** Cualquier intento que afecte el proceso de arbitraje por pares a doble ciego, se prohíbe de manera tácita la comunicación entre un árbitro y los autores del artículo mientras dure su revisión.

De la responsabilidad de los autores

Los autores serán guiados a través de fases que conllevan a

1. La revisión preliminar, donde será verificado que el manuscrito cumple con la línea editorial de la revista *Ciencia en Revolución*.
2. El proceso de arbitraje por pares (doble ciego), donde serán verificadas, por expertos en el área de conocimiento las características de manuscrito.
3. El proceso de edición y montaje del artículo.
4. Por último, la corrección de redacción y estilo.

La responsabilidad de la comunicación con la revista recae en el autor por correspondencia. Los autores están obligados a:

1. Firmar la carta de compromiso, manifestando que el contenido del trabajo enviado a la revista es original e inédito: no ha sido publicado, no es duplicado ni redundante, además no está siendo sometido simultáneamente a arbitraje para su publicación por ningún otro medio de difusión, y por último que los datos presentados son originales y verídicos.

2. Deben evitarse o reconocerse los envíos anteriores del manuscrito a otras revistas o publicaciones, en el caso de haber sido enviado es necesario la presentación de una comunicación de la otra publicación donde se deje sin efecto el proceso de arbitraje y las motivaciones consideradas.
3. Respecto a materiales/datos citados o utilizados de otras investigaciones deben documentarse cuidadosamente y citarse como referencia e indicar cuando son tomados textualmente. No es permitido la duplicación de trabajos anteriores.
4. Respecto a la identificación de autores, hay que indicar el nombre tanto del autor como de los coautores, involucrados en el desarrollo de la investigación, evitando incluir personas no que estén vinculadas a la misma. Hay que indicar además la filiación institucional de todos y cada uno de los autores (institución de educación superior o estructura de investigación reconocida), correo electrónico de contacto, número identificador digital permanente de investigadores (ORCID https://orcid.org/) y cualquier otro elemento que permita su identificación.

De la responsabilidad de los miembros de los revisores – árbitros externos

Una vez recibido el manuscrito, acompañado de las Normas de Publicación y el Formato de Evaluación previsto por la revista digital *Ciencia en Revolución*, los árbitros externos están en la obligación de informar de manera expedita, si se acepta o rechaza la revisión del mismo explicando los motivos. En el caso de que los árbitros tengan interés intelectual o material relacionado al manuscrito bajo revisión, estos deberán inhibirse de manera voluntaria evitando así conflicto de intereses.

Los revisores deberán rechazar la revisión de manuscritos, cuando estos estén fuera de su área de experticia o de especialización técnica y científica.

Por otro lado, los árbitros o revisores deben completar debidamente el *Formato de Evaluación* previsto, así como, también realizar las observaciones que considere pertinentes sobre el manuscrito evaluado, lo cual incluye todas aquellas propuestas tendentes a mejorar cuando sea el caso la presentación y análisis de resultados y la incorporación de investigaciones de referentes de importancia, tomando en cuenta que el envío de dicha información al editor–jefe es de carácter obligatorio y estrictamente confidencial.

De la responsabilidad de los miembros del Comité Editorial y el cuerpo de editores académicos

El editor en jefe con el Comité Editorial de la revista digital *Ciencia en Revolución* realizarán una revisión preliminar al recibir el manuscrito, atendiendo a las características de la línea editorial. Una vez superada dicha revisión, se procederá a proponer a los revisores o árbitros de acuerdo al área de conocimiento.

El editor en jefe será el responsable de enviar las comunicaciones respectivas a los autores, con respecto a las observaciones emitidas por los revisores, y conducir el proceso para que se tomen medidas correctivas. Así mismo, decidirá sobre la aceptación o no del manuscrito en atención a los comentarios de los árbitros o revisores designados. El Comité Editorial tratará la información relacionada con los artículos con criterios de confidencialidad.

Preservación digital *Ciencia en Revolución* utiliza para la preservación digital de sus artículos, el resguardo con archivos en formato pdf y comprimidos en formato LaTeX; todos los artículos están registrados en el repositorio Zenodo.

Licencia Creative Commons Licencia de Creative Commons Reconocimiento – No Comercial – Sin Obras derivadas 4.0 Internacional .

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

Volumen 7, N° 20, enero–abril, 2021.

Centro Nacional de Tecnología Química

Autoridades

Consejo Directivo

Dra. Magaly Henríquez González
Presidenta

Dr. Marcos Rosa-Brussin
Universidad Central de Venezuela

Dr. Edgar Ocando
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

Dr. José Gregorio Biomorgi
Universidad Central de Venezuela

MSc. César Alejandro Basanta
Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo

Lcda. Geraldina Palm de Pulido
Asociación Venezolana de la Industria Química y Petroquímica

Lcda. María Laura Chona
Dirección Ejecutiva

Dr. Samuel Villanueva Velásquez
Dirección Técnica

MSc. Héctor Rodríguez
Gerencia de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación

Lcda. Dayana Arreaza
Gerencia de Articulación y Alianza Interinstitucional

Lcda. Adriana Córdoba
Gerencia de Talento Humano

Lcda. Doris Rodríguez
Gerencia de Administración y Apoyo Técnico

Abg. Dilia Romero
Consultoría Jurídica

CIENCIA EN REVOLUCIÓN

La revista *Ciencia en Revolución* es una publicación periódica digital de la fundación Centro Nacional de Tecnología Química, entidad adscrita al Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología. Es arbitrada e indizada. Se publica cada cuatro meses. Se aceptan trabajos en español e inglés. Todos los trabajos son revisados por el Comité Editorial y arbitrados por el revisores externos – especialistas en la materia.

Dirección Postal: Calle Base Aérea Generalísimo Francisco de Miranda, Edificio Complejo Tecnológico Simón Rodríguez, Piso PB, Ofic. Centro Nacional de Tecnología Química, Sector La Carlota, Chacao, Caracas, Miranda, 1064, Venezuela.
Correos – e:revistacntq@mppct.gob.ve; revista.cntq@gmail.com

Página Web: https://cntq.gob.ve/index.php/revista-digital-ciencia-en-revolucion.

Síguenos en nuestras redes

www.cntq.gob.ve

@CNTQ_Vzla

Centro Nacional de Tecnología Química

CNTQ

Ciencia en Revolución, ISSN-2: 2610-8216, CNTQ, Mincyt