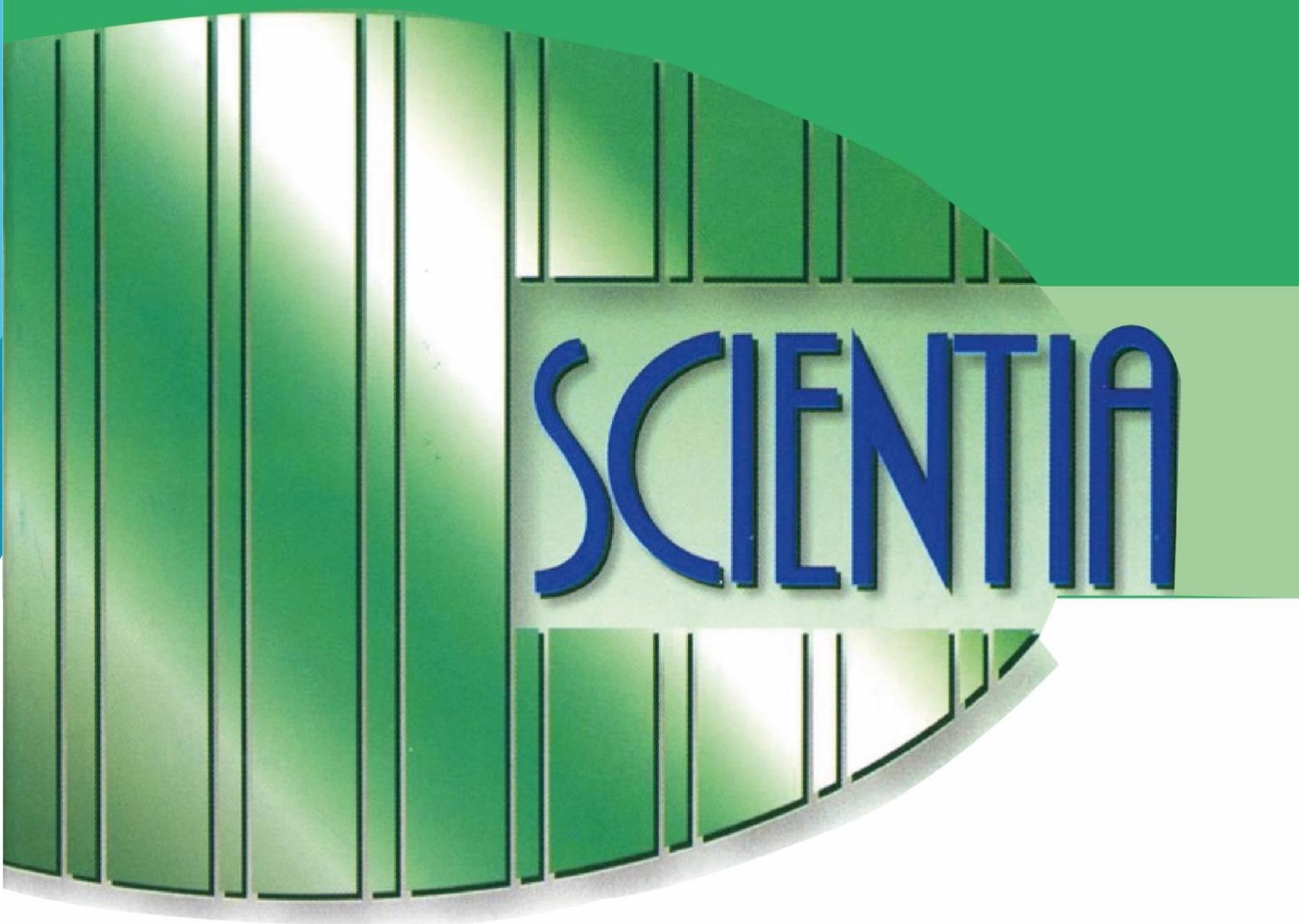


ISSN L 2710-7647

**REVISTA DE
INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**



SCIENTIA

VOL.33, N° 2, julio - diciembre 2023



Vol.33 , N° 2, julio – diciembre 2023

ISSN L 0258-9702

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/>



**REVISTA DE INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

VOL.33, N° 2

JULIO-DICIEMBRE 2023

<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/>



**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz
Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez
Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Ricardo Him
Vicerrector de Extensión

Mgter. Ricardo A. Parker
Secretario General

Mgter. José Luis Solís
Director General de los Centros Regionales Universitarios

COMITÉ EDITORIAL/EDITORIAL COMMITTEE**EDITOR EN JEFE/EDITOR-IN-CHIEF****Jaime Rivera**

Universidad de Panamá, Geomorfólogo Ccambio, COIBA. Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de Biodiversidad., Centro Regional Universitario - Veraguas, Panamá.

jaime.rivera@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-8265-7836>

EDITORES EMÉRITOS/EMERITUS EDITORS**Alfredo Lanuza-Garay**

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario - Colón, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Panamá.

alfredo.lanusa@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

Alfredo Figueroa Navarro

Universidad de Panamá, Departamento de Sociología, Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0982-1249>

Héctor Barrios

Universidad de Panamá, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Panamá.

hector.barriosv@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-0542-1731>

EDITORES CIENTÍFICOS/SCIENTIFIC EDITORS**Orlando O. Ortiz**

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Panamá.

orlando.ortiz@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-7805-0046>

Kalina Bermúdez Torres

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.

kbermudes@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-7267-7657>

EDITORES ASOCIADOS/ASSOCIATED EDITORS**Abel Batista**

Universidad Autónoma de Chiriquí/Fundación Los Naturalistas, Chiriquí, Panamá.

abelbatista@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8053-3373>

Aida Araceli Rodríguez Hernández

CONACyT-Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, 62730, Yautepec, MOR, Mexico.

arha8211@gmail.com / arodriguezhe@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9179-1888>

Alessio Papini

Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia.

Alessio.papini@unifi.it

<https://orcid.org/0000-0001-7904-0336>

Alfredo Campos

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Panamá.

Alfredo.campos@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-7921-8309>

Andrés Rivera-Mondragón

Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (INDICASAT), Panamá.

arivera.qclabherbals@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-7426-5405>

Ángel David Popa

Health and Biosecurity division, Commonwealth Science and Industry Research Organisation, Australia.

angel.popa@csiro.au

<https://orcid.org/0000-0002-0683-8424>

Arianna Michelle Hernández Sánchez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.

ariannamhs@outlook.com

<https://orcid.org/0000-0001-9045-3537>

Brenda Hildeliza Camacho Díaz

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.

bcamacho@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5562-0782>

Carlos De Gracia

University of Vienna, Austria.

degraciac@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0637-3302>

Coral Jazvel Pacheco Figueroa

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, DACBiol, México.

coral.pacheco@ujat.mx

<https://orcid.org/0000-0001-5281-9251>

Daniel Medina

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), Sistema Nacional de Investigación (SNI), Panamá.

medinald19@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5217-6353>

Dionisio Olmedo

Universidad de Panamá, CIFLORPAN, Panamá.

ciflorp4@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-4681-1365>

Dumas Gálvez

Universidad de Panamá, Programa Centroamericano de maestría en Entomología, Panamá.

dumas.galvez@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8699-8497>

Eloisa Adriana Guerra Hernández

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México.

eloisaaguerrah@gmail.com, eagh@unam.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3710-0884>

Eugenia López López

Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México.

eulopez@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-2696-533X>

Félix Rodríguez

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

rodriguezf@si.edu

<https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>

Gaspar Bruner

Cambridge University, Reino Unido.

gb527@cam.ac.uk

<https://orcid.org/0000-0002-4614-0338>

Gerardo Cruz Flores

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, México.

edaynuve@unam.mx

<https://orcid.org/0000-0002-5604-2707>

Hilario Espinosa

University of Haifa, Israel.

hespinosaortega@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2005-827X>

Jean Michel Maes

Museo Entomológico de León, Nicaragua.
jmmaes@bio-nica.info
<https://orcid.org/0000-0002-5425-3439>

Julio Castillo

Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología de Panamá (INDICASAT), Panamá.
juliocastillo25@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6921-810X>

Loraine Pérez

Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI), Panamá.
loraine.g.perez@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0841-3363>

Luc Legal

Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, Université Paul Sabatier, Francia/México.
luc.legal@univ-tlse3.fr
<https://orcid.org/0000-0003-0424-2931>

María Viñas Meneses

Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
maria.vinasmeneses@ucr.ac.cr
<https://orcid.org/0000-0003-0644-0579>

Mauricio Cattaneo

Universidad Nacional de Tucumán, INQUINOA, Argentina.
mauricio.cattaneo@fbqf.unt.edu
<https://orcid.org/0000-0002-5598-0814>

Moisés A. Bernal

Auburn University, Estados Unidos.
<https://orcid.org/0000-0002-3236-8403>

Nathalia Tejedor Flores

Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), Panamá.
nathalia.tejedor@utp.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-0154-1955>

Omar López Alfano

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), Sistema Nacional de Investigación (SNI), Panamá.
prioria@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0003-4953-2123>

Omar Patiño Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN, México.
omarpatino88@gmail.com, opatinor@ipn.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8449-798X>

Oris Rodríguez

Universidad de Panamá/Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.
orisrodriguez@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2976-0017>

Pedro Méndez-Carvajal

Universidad de Panamá, Panamá.
Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP), Panamá.
mendezp@fcprimatespanama.org
<https://orcid.org/0000-0003-1306-5869>

Riccardo M. Baldini

Università degli Studi di Firenze (UNIFI), Italia.
riccardomaria.baldini@unifi.it
<https://orcid.org/0000-0003-2181-3441>

Rodolfo Flores

Fundación Los Naturalistas, Chiriquí, Panamá.
rflores1184@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-7911-9228>

Romina D'Almeida

CONICET, Instituto Superior de Investigaciones Biológicas, Argentina.
rominadalmeyda@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5075-6381>

Rubí Guadalupe Utrilla Coello

Universidad del Papaloapan, México.
rguc07@gmail.com/ gcoello@unpa.edu.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5769-7449>

Sandra Pérez Álvarez

Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, México.
spalvarez@uach.mx
<https://orcid.org/0000-0002-9211-0797>

Sebastián Oriolo

CONICET/Universidad de Buenos Aires, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales, Argentina.
soriolo@gl.fcen.uba.ar
<https://orcid.org/0000-0002-2495-2431>

Verena Roesch

Universität Koblenz-Landau, Alemania.
roesch@uni-landau.de
<https://orcid.org/0000-0002-0662-4338>

Yehudi Rodríguez

Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), Panamá.
nafisay@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6947-9046>

Yostin Aníño

Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Panamá.

yostin0660@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8870-8155>

Yves Basset

Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), Panamá.

bassety@si.edu

<https://orcid.org/0000-0002-1942-5717>

INDICE

EDITORIAL	10
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE CEPAS BACTERIANAS AISLADAS DE AMBIENTES NOSOCOMIALES DE LA REGIÓN DE AZUERO.....	12
EFFECTO DE ETIQUETAS PIT EN LA CONDICIÓN DE <i>Cardisoma crassum</i> (BRACHYURA: GECARCINIDAE) EN CAUTIVERIO, DE HICACO, VERAGUAS, PANAMÁ.....	31
MONITOREO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN EL EDIFICIO DE ENTOMOLOGÍA (PCMENT) DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ	63
PERCEPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA MEDIANTE EL USO DEL SIMULADOR DE RED EN LAS COMPETENCIAS TÉCNICAS DE LOS ALUMNOS DEL CURSO DE TELEINFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ.....	87
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANOS Y DE BIOMASA EN CAJANUS CAJAN CON EL USO DE INDUCTOR FLORAL.....	114

Editorial

La revista **SCIENTIA** tiene por objeto publicar resultados de investigaciones originales e inéditas, en ciencias naturales y exactas, ciencias de la Tierra, y ciencias computacionales. Editada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá, busca acrecentar y contribuir con el avance del conocimiento científico y tecnológico a nivel nacional internacional.

Este segundo fascículo del 2023 presenta a la comunidad científica (investigadores profesores, estudiantes y profesionales consumados), cinco (5), artículos inéditos producto del trabajo investigativo y del compromiso académico de sus autores. En consecuencia, el legado de esta entrega ofrece en primer plano un artículo cuyo objetivo es evaluar la resistencia de cepas bacterianas aisladas y caracterizadas procedentes de ambientes nosocomiales. Seguidamente, a raíz de la importancia de la identificación confiable de los individuos para la trazabilidad en acuicultura y los estudios de campo, en esta entrega, se discute y valora la importancia de las etiquetas internas para mantener registros de identidad y evitar la pérdida típica de etiquetas externas debido a la muda en los crustáceos. También, se destaca en esta entrega, una pesquisa cuyo objeto de estudio fue evaluar la calidad del aire, mediante la medición de la Biocarga microbiana (UFC/M³ hongos y bacterias), material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), compuestos volátiles totales, temperatura y humedad. Finalmente, en atención a las líneas de investigación de la revista, se presentan a la comunidad científica dos investigaciones más, cuyos resultados ilustran con claridad meridiana el alcance de sus objetivos y la pertinencia del conocimiento, como único camino para transformar la realidad; nos referimos al estudio sobre la percepción de la estrategia de enseñanza con el uso de simulador de red en las competencias técnicas de un curso de Teleinformática en modalidad virtual, y, la pesquisa sobre el efecto de los inductores florales en la producción de granos y biomasa en *Cajanus cajan*.

Agradecemos a cada uno de los autores por haber elegido la Revista **SCIENTIA** para publicar sus trabajos, así como a la Oficina de Publicaciones Científica y Académicas, de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá por el apoyo brindado, reafirmando el compromiso con la difusión de la ciencia en nuestro país.

Dr. Jaime A. Rivera Solís
Director - Editor

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA DE CEPAS BACTERIANAS AISLADAS DE AMBIENTES NOSOCOMIALES DE LA REGIÓN DE AZUERO.

EVALUATION OF RESISTANCE OF ISOLATED BACTERIAL STRAINS FROM NOSOCOMIAL ENVIRONMENTS IN THE AZUERO REGION

Alexis De La Cruz.

Universidad de Panamá. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-1938-6535>

alexish2o2@hotmail.com

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4056>

Recepción

13/02/2023

Aprobación

06/06//2023

Resumen

Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar la resistencia de cepas bacterianas aisladas y caracterizadas procedentes de ambientes nosocomiales, el mismo se realizó durante los meses de enero y junio de 2018. Se llevó a cabo en dos Nosocomios de la Región de Azuero, de donde se evaluó las siguientes salas: Cuidados Intensivos, Sala de Hospitalización de Hombres, Sala de Hospitalización de Mujeres y Cuarto de Urgencia. Las muestras fueron tomadas por la técnica de Q-Swab, para superficies inertes y por lavado de mano para superficies vivas; y posteriormente llevadas al laboratorio. Luego se inocularon en seis medios de cultivos selectivos, para ser caracterizadas y se les aplicó la prueba de antibiograma por la técnica de Kirby-Bauer. Se aislaron 23 cepas bacterias de las cuales 13 correspondieron a *Staphylococcus* spp, dos a *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp, *Pseudomonas* spp; y cuatro *Proteus* spp. Las cepas que presentaron mayor resistencia a los antibióticos fueron: *Proteus* spp y *Staphylococcus* spp con resistencia a cuatro antibióticos, *Escherichia coli* resistente a tres antibióticos, *Enterobacter* spp. resistente a dos antibióticos y

Pseudomonas spp a un antibiótico. Los microorganismos que con mayor frecuencia se aislaron en ambos hospitales fueron: Levaduras (45 % para él HA y 64 % para HB), *Staphylococcus* spp. Los antibióticos que presentaron mayor resistencia en ambos hospitales fueron Claritromicina y Nitrofurantoina.

Palabras clave: antibióticos, cepas bacterianas, nosocomios

Abstract

Characterized bacterial strains from nosocomial environments, the same was carried out during the months of January and June 2018. It was held in two Nosocomios of the Azuero Region, where the following rooms were evaluated: Intensive Care, Men's Hospitalization Room, Women's Hospitalization Room and Emergency Room. The samples were taken by the Q-Swab technique for inert surfaces and by hand wash for living surfaces; and then taken to the lab. They were then inoculated in six selective crop media, to be characterized and given the antibiogram test by the Kirby-Bauer technique. 23 bacterial strains were isolated from which 13 corresponded to *Staphylococcus* spp, two to *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Pseudomonas* spp., and four *Proteus* spp. The strains that had the most resistance the antibiotics were: *Proteus* spp and *Staphylococcus* spp. with resistance to four antibiotics, *Escherichia coli* resistant to three antibiotics, *Enterobacter* spp resistant to two antibiotics and *Pseudomonas* spp. to an antibiotic. The microorganisms most commonly isolated in both hospitals were yeasts (45% for HA and 64% for HB), *Staphylococcus* spp. The antibiotics that had the most resistance in both hospitals were Clarithromycin and Nitrofurantoin.

Keywords: antibiotics, bacterial strains, nosocomial

Introducción

Las infecciones asociadas a la atención en salud se definen como un proceso localizado o sistemático resultado de una reacción adversa a la presencia de un agente infeccioso o sus toxinas, que no estaba presente, al ingreso de la institución y que cumple con una serie de criterios específicos (Klevens *et al.*, 2007).

La adquisición de una infección durante su estancia en el nosocomio, le suma al paciente una patología inesperada, incrementa su estancia y puede dejarle secuelas a veces irreversibles o llevarlo al fallecimiento (Ministerio de Salud Pública de Cuba, 2012).

La principal herramienta terapéutica con que cuenta el personal de salud para enfrentar patologías infecciosas son los antibióticos; su valor es indiscutible, no obstante, la creciente resistencia de los microorganismos a estos agentes, incluso los de amplio espectro, han generado un problema de amplias dimensiones y representa en la actualidad un desafío terapéutico (Medina *et al.*, 2015).

Según Becerra *et al.*, (2009) la resistencia a los antibióticos es una causa importante de la prolongación de la estancia hospitalaria, al fracasar la terapia inicial antimicrobiana, lo que eleva el costo de hospitalización. El conocimiento de los mecanismos de resistencia permitirá una terapia antimicrobiana racional y dirigida, además de ayudar al diseño de nuevos fármacos. La resistencia no sólo es intrínseca, sino también adaptativa, situación que hay que tomar en cuenta para establecer regímenes adecuados de tratamiento.

La resistencia de las bacterias patógenas u oportunistas a los antibióticos es un fenómeno progresivo que aparece luego de la introducción de los diferentes antibióticos, se desarrolla y se comporta en forma acumulativa en diferentes especies, tiende a la multiresistencia y es detectable tanto en los hospitales como en la comunidad, sobre todo en las últimas décadas (Fica, 2014).

El problema de la resistencia a los antibióticos es global, complejo, incluye un gran número de especies bacterianas de importancia médica y es de difícil control por su multicausalidad. El consumo masivo de antibióticos en los últimos 50 años ha creado un ambiente favorable a la selección de bacterias que soportan los efectos tóxicos de los antimicrobianos (Levy, 2002).

La resistencia antimicrobiana constituye una amenaza grave y cada vez mayor para la salud pública, cada día involucra nuevas especies bacterianas y nuevos mecanismos de resistencia. El uso excesivo y con frecuencia de los antibacterianos para el tratamiento de diferentes situaciones clínicas provoca modificaciones de la ecología bacteriana y el surgimiento de microorganismos resistentes a estos compuestos (Machado & Murillo, 2012).

Entre los microorganismos que con mayor frecuencia causan infecciones nosocomiales se encuentran los agentes bacterianos como: *Escherichia coli*,

Pseudomonas aeruginosa, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, algunas especies de los géneros *Enterobacter* spp., *Enterococcus* spp. y *Staphylococcus coagulasa negativo* (Pérez *et al.*, 2012; Vargas., 2017)).

El propósito principal de esta investigación es evaluar la resistencia de cepas bacterianas aisladas y caracterizadas procedentes de ambientes nosocomiales de la Región de Azuero.

Materiales y métodos

En este estudio se evaluó la resistencia de cepas bacterianas aisladas y caracterizadas procedentes de ambientes nosocomiales. La cual se realizó en dos nosocomios de la Región de Azuero, durante los meses de enero a junio 2018; los mismos fueron identificados como: Hospital A (HA) y Hospital B (HB).

Período de encuesta

Antes de dar inicio con el muestreo se realizó una encuesta en uno de los dos nosocomios que se evaluó, para conocer los antibióticos que con mayor frecuencia son suministrados en las salas que se escogieron para los muestreos, de la cual fueron escogido los siguientes antibióticos: Claritromicina, Amoxicilina, Nitrofurantoina, Clindamicina, Trimetropin con sulfa, Cefalezina y Ciprofloxacina.

Toma de muestras

Se realizó un muestreo semanalmente, un hospital intercalado por cada semana. Para tomar las muestras se utilizaron placas de metal estéril con un orificio de 10 cm x 5 cm.

De cada nosocomio se tomaron muestras de superficies vivas (mano del personal de las salas de hospitalización) y superficie inerte (piso, pared, cama, carrito en urgencias) en las siguientes salas: Cuidados intensivos (CI), Sala de Hospitalización de Varones (HV), Sala de Hospitalización de Mujeres (HM) y Cuarto de Urgencias (UG). Las muestras de superficies vivas se obtuvieron por lavado de mano con Caldo Tripticasa de Soya contenido en una bolsa con cierre hermético. Las muestras de superficies inertes se tomaron por fricción con la técnica de Q-Swab.

Todas las muestras fueron rotuladas debidamente para su posterior traslado al laboratorio.

Procesamiento de las muestras

Se realizaron diluciones 1 en 9 mililitros (ml) en Caldo Trypticase de Soya, luego se inocularon 1 mililitro (ml) de las muestras en seis medios de cultivos selectivos (Agar HPC, Agar Chromocult, Agar Cetrimide, Agar PALCAM, Agar Baird Parker y Agar Papa Dextrosa) por el método de esparcido en plato, para ser incubadas durante 48 horas a 37 °C para crecimientos bacterianos y 30 °C para crecimientos fúngicos por un período de 8 días.

Aislado de las colonias

Transcurrido los tiempos de incubación, se observaron los crecimientos y se registraron las características macroscópicas de las colonias. Según su morfología, las colonias bacterianas se aislaron en Agar Trypticase de Soya por agotamiento celular e incubado a 37 °C por 24 horas. Luego los aislados se conservaron en tubos inclinados con Agar Trypticase de Soya para la siguiente fase.

Los crecimientos fúngicos se aislarán según las características de sus colonias en PDA, por tiempo de 8 días a 30 °C; posteriormente se les realizó una tinción con Azul de Lactofenol para percibir sus características microscópicas.

Identificación de las cepas

Las cepas bacterias fueron enriquecidas en Caldo Trypticase de Soya, por un período de 48 horas a 37 °C; posteriormente se inocularon en Agar Trypticase de Soya a 37 °C. Transcurrido el tiempo de incubación se les realizó una tinción de Gram, para conocer sus características microscópicas.

Se procedió a trabajar primero con las cepas que resultaron se bacilos y luego los cocos. Los bacilos se inocularon en Agar MacConkey, con el fin de conocer las cepas que fueran fermentadoras de la lactosa y posteriormente en Agar EMB. Después se les aplicó una batería de pruebas bioquímicas específicas para bacilos. Para las cepas que resultaron cocos se cultivaron en Agar Manitol Salado e incubadas en una serie de pruebas bioquímicas para cocos.

Preparación de los discos de antibióticos

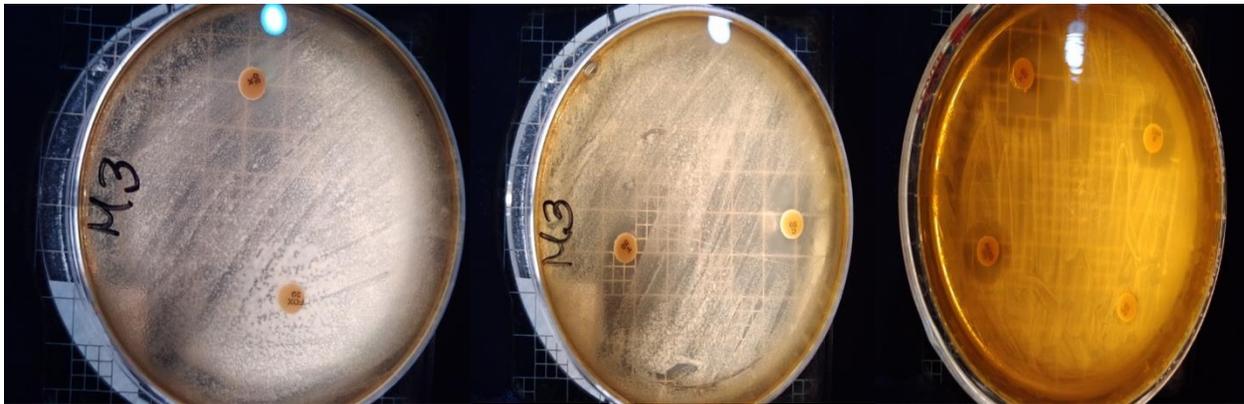
Se cortaron discos de papel filtro de aproximadamente 5 mm, los mismos fueron esterilizados. Luego se tomó cada antibiótico y fueron colocados en 100 ml de agua destilada estéril, para ser posteriormente filtrados. Una vez filtrado todo el contenido, se agregaron los discos por un período de 24 horas.

Aplicación de antibiograma

Las cepas aisladas y caracterizadas se inocularon en 10 ml de solución salina al 8% hasta obtener una turbidez equivalente al estándar 0,5 McFarland, cuya turbidez corresponde a la concentración de microorganismos necesarios; técnica utilizada por López y Torres, 2006. Seguidamente con la ayuda de un hisopo estéril se tomó una suspensión para ser inoculada en Agar Antibiótico y se aplicó la técnica de antibiograma de Kirby-Bauer (figura A) (Bernal y Guzmán, 1984).

Figura A:

Evaluación de la Resistencia por parte de las cepas Aisladas en los dos nosocomios



Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se utilizó la prueba del coeficiente de ϕ y V de Cramer para determinar si hay relación entre la resistencia y la Sensibilidad de las cepas a los antibióticos, con respecto a los nosocomios evaluados.

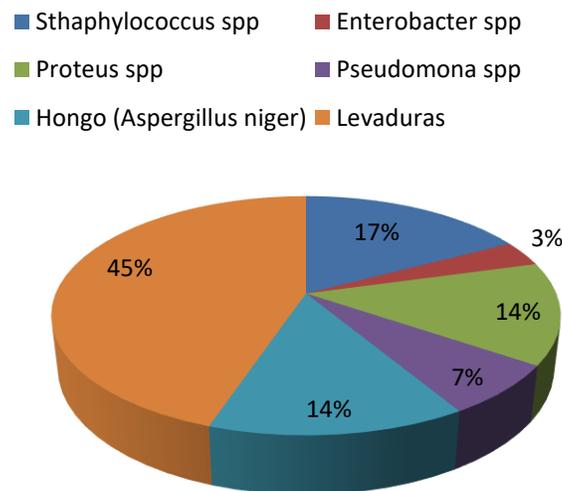
Resultados y Discusión

• **Resultados**

Los resultados de los análisis microbiológicos obtenidos de dos nosocomios de la Región de Azuero, donde se evaluó la resistencia y sensibilidad a diferentes antibióticos, los cuales muestran (figura 1) que el 45 % de los microorganismos aislados pertenece a Levaduras, el 17 % corresponde a *Staphylococcus* spp., 14 % a *Aspergillus niger*, 14 % a *Proteus* spp, 7 % a *Pseudomonas* spp y 3 % a *Enterobacter* spp.

Figura 1.

Porcentaje de microorganismos aislados de muestras vivas e inertes procedentes del Hospital A.

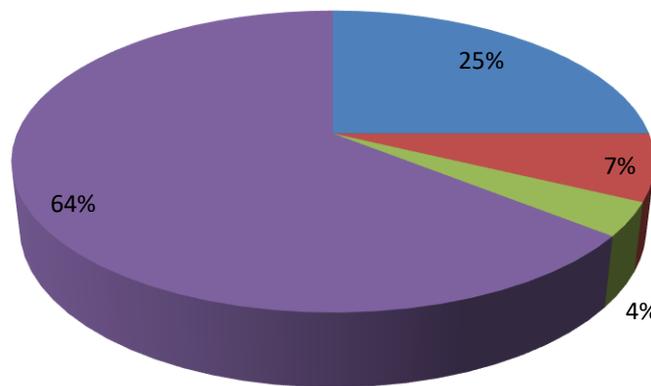


Para el Hospital B resultó (figura 2) que el 64 % de los microorganismos aislados corresponde a Levaduras, 25 % a *Staphylococcus* spp., 7 % a *Escherichia coli* y 4 % a *Proteus* spp.

Figura 2.

Porcentaje de microorganismos aislados de muestras vivas e inertes procedentes del Hospital B.

■ Staphylococcus spp ■ Escherichia coli ■ Enterobacter spp ■ Levaduras



El coeficiente de ϕ determina la asociación entre dos variables (Resistencia y sensibilidad), con respecto a los hospitales evaluados, el cual muestra lo siguiente para cada medicamento aplicada:

Tabla 1:

Valor del coeficiente de ϕ y z calculada para cada uno de los antibióticos aplicados.

Antibiótico	ϕ	z
Claritromicina	0,014	0,0026
Amoxicilina	-----	-----
Nitrofurantoina	0,0042	0,0162
Clindamicina	-----	-----
Trimetropin con Sulfa	0,0077	0,0213
Cefalecina	-----	-----
Ciprofloxacina	0,0015	0,0084

El coeficiente de ϕ y la z calculada (tabla 1) muestra que Claritromicina, Nitrofurantoina y Trimetropin con Sulfa muestran que hay una relación entre las variables con respecto a los Hospitales. Mientras que Amoxicilina, Clindamicina y Cefalexina presentaron sensibilidad en su totalidad en el Hospital B.

El coeficiente de Cramer (tabla 2), indica la asociación entre tres variables (Resistencia, Resistencia Intermedia, Sensibilidad) con respecto a los Hospitales, la cual muestra una χ^2 tabular de 7,38.

Tabla 2:

Coeficiente de Cramer (V de Cramer) y la χ^2 para cada antibiótico aplicado.

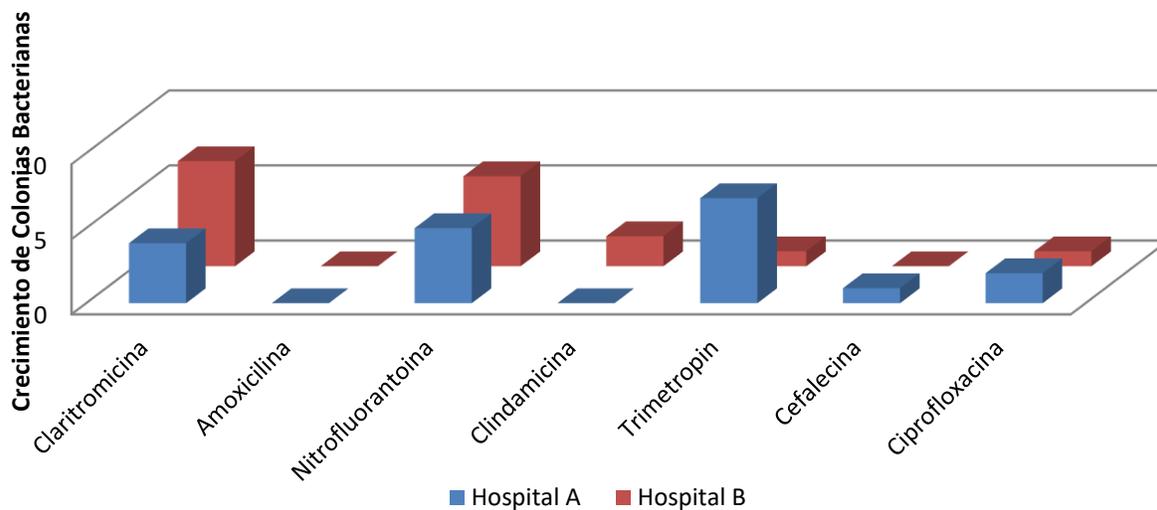
Antibiótico	V de Cramer	χ^2
Claritromicina	0,04438	5,58
Amoxicilina	-----	-----
Nitrofurantoina	0,03472	3,37
Clindamicina	-----	-----
Trimetropin con Sulfa	0,052	7,47
Cefalexina	-----	-----
Ciprofloxacina	0,3007	2,53

El coeficiente de Cramer (tabla 2), muestra que Claritromicina y Nitrofurantoina presentan una relación de las variables con respecto a los Hospitales, para ambos antibióticos existe mayor número de resistencia. En cambio, Trimetropin con Sulfa no muestra relación entre las variables y los hospitales. Ciprofloxacina muestra una relación entre las variables; y Amoxicilina, Clindamicina y Cefalexina, mostraron ser más sensible en el Hospital B.

Al evaluar la resistencia en ambos hospitales (figura 3), muestra los antibióticos que causaron poco o nulo efecto sobre las cepas aisladas del Hospital A: Claritromicina, Nitrofurantoina y Trimetropin con Sulfa. Mientras que para el Hospital B fueron: Claritromicina, Nitrofurantoina y Clindamicina.

Figura 3.

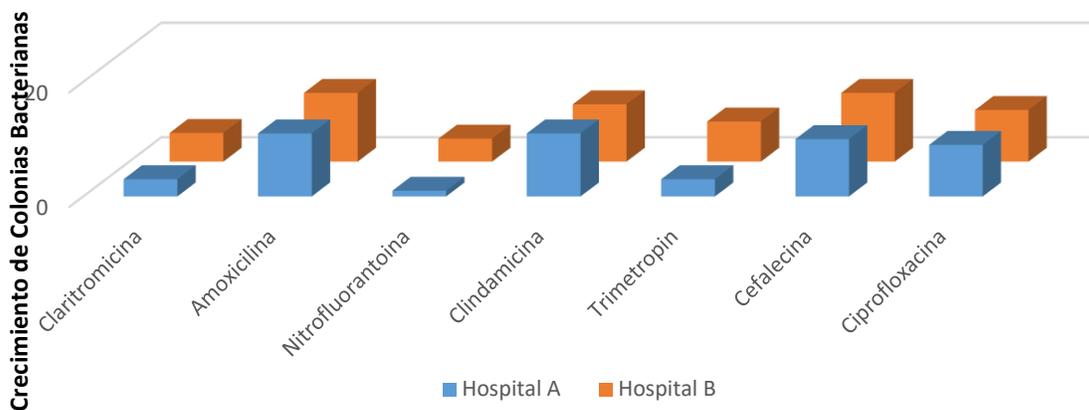
Resistencia de cepas bacterianas aisladas de los nosocomios A y B a diferentes antibióticos.



En la figura 4, muestra la evaluación de la Sensibilidad en ambos hospitales, la cual indica que los antibióticos a los que las cepas fueron más sensibles a sus efectos lo fueron: Amoxicilina, Clindamicina, Cefalexina y Ciprofloxacina; tanto para el Hospital A como para el Hospital B.

Figura 4.

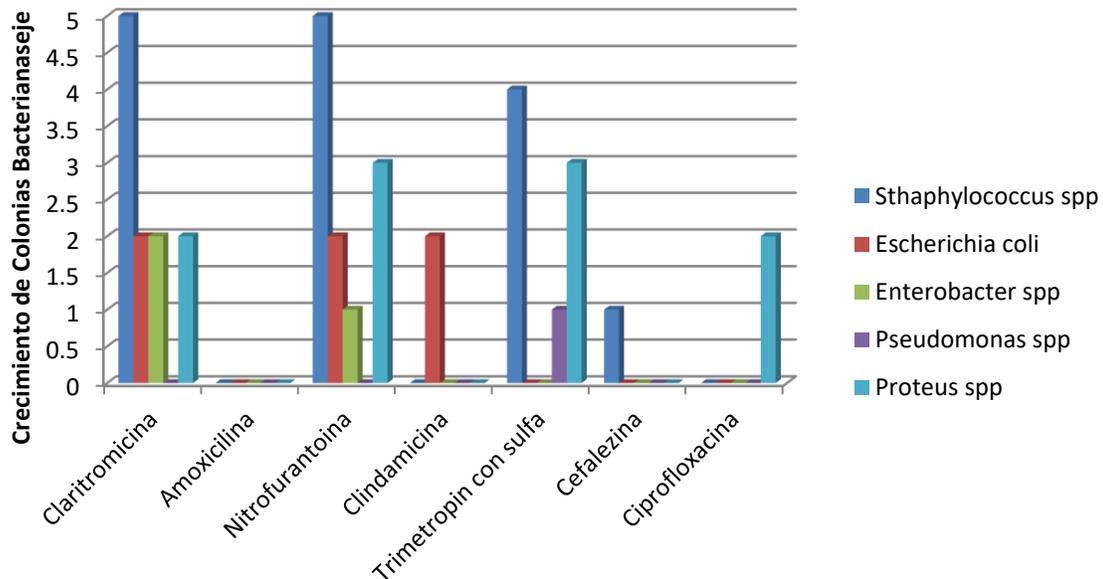
Sensibilidad de cepas bacterianas aisladas de los nosocomios A y B a diferentes antibióticos.



Las cepas que presentaron mayor resistencia (figura5) fueron: *Proteus* spp y *Staphylococcus* spp., con resistencia a 4 antibióticos, *Escherichia coli* resistente a 3 antibiótico, *Enterobacter* spp resistente a 2 antibióticos y *Pseudomonas* spp a 1 antibiótico.

Figura 5:

Genero Bacterianos que se probaron a los distintos antibióticos



• **Discusión**

En este estudio se evaluó la Resistencia en cepas bacterianas aisladas y caracterizadas procedentes de ambientes nosocomiales. El 45 % de los microorganismos aislados en el Hospital A (Figura 1) correspondió a Levaduras y el 14 % a *Aspergillus niger*. Para el Hospital B el 64 % de los microorganismos (Figura 2) correspondió a Levaduras.

Se aislaron 23 cepas bacterias de las cuales 13 correspondieron a *Staphylococcus*

spp., 2 a *Escherichia coli*, 2 *Enterobacter* spp, 2 *Pseudomonas* spp y 4 *Proteus* spp. Las cepas bacterianas aisladas muestran una relación con citado por Pérez *et al.*, 2012.

Durante las cuatro semanas de muestreo en el Hospital A, se evidenció la presencia de un Hongo en las salas de Hospitalización el cual corresponde a *Aspergillus niger* (Figura 12). En un estudio realizado por Marcano J. (2013) el cual tenía como objetivo aislar hongos anemófilos en el ambiente de servicios de emergencias del Hospital Luis Daniel Beauperthuy de Cumanacoa, Estado de Sucre, Venezuela; obtuvo que el mayor número de unidades formadoras de colonias correspondieron a *Aspergillus niger*, *Cladosporium* spp., y *Fusarium* spp. La que la llevó a la conclusión que se debía posiblemente a que esta área evaluada no contaba con un sistema de aire acondicionados adecuados, causa probable de la presencia de *Aspergillus niger* en las salas de Hospitalización del Hospital A ya que en los mismos no funciona el sistema de aires acondicionado.

Las variaciones de la temperatura y humedad son factores importantes para el crecimiento de flora fúngica, por lo que es fácil deducir que al carecer de este sistema, el factor temperatura influya en el desarrollo de estos agentes. Por otra parte, en el Hospital B no se presentó crecimiento fúngico ya que todas sus salas cuentan con un sistema de aires acondicionados adecuados, el cual evita la propagación de este hongo. Las infecciones nosocomiales están estrechamente vinculadas a la calidad de la atención en los hospitales; por otro lado, los gérmenes están relacionados con la epidemiología de las instituciones y el país (Baños *et al.*, 2015).

Los antibióticos que son más utilizados para el tratamiento de diferentes infecciones dentro de los nosocomios evaluados son: Claritromicina, Amoxicilina, Nitrofurantoina, Clindamicina, Trimetropin con Sulfa, Cefalexina y Ciprofloxacina. Al evaluar la resistencia de las cepas bacterianas a éstos antibiótico (figura 5) muestra que Claritromicina, Nitrofurantoina y Trimetropin con Sulfa; presentaron el mayor número de Resistencia, lo cual no son los hace ser la mejor opción al recetar un tratamiento para combatir una infección de origen nosocomial. Así mismo se

encontró que Amoxicilina, Clindamicina, Cefalexina y Ciprofloxacina; presentaron mayor número de sensibilidad (figura 6).

El coeficiente de ϕ (tabla 2) y la V de Cramer (tabla 3) muestran que existe una relación entre las variables evaluadas y los Hospitales, para los siguientes antibióticos: Claritromicina, Nitrofurantoina y Ciprofloxacina; mientras que Amoxicilina, Clindamicina y Cefalexina, presentaron el 100 % de Sensibilidad ante las cepas y Trimetropin con Sulfa no presentó asociación con las variables.

Al evaluar la resistencias y sensibilidad de las cepas a distintos antibióticos (Figura 3 y 4) muestran que Claritromicina, Nitrofurantoina, Trimetropin con sulfa fueron más resistentes; mientras que Amoxicilina, Clindamicina, Cefalexina y Ciprofloxacina fueron más sensibles. las cepas que presentaron mayor resistencia fueron: *Proteus* spp, *Staphylococcus* spp y *Escherichia coli*. (Gallardo, 2019; Mendoza, 2019)

Los resultados presentados en este estudio reflejan la necesidad de hacer mejoras en las salas de hospitalización en el Hospital A e instalar un nuevo sistema de aires acondicionados para que las mismas cuenten con temperaturas óptimas para evitar la proliferación de hongos dentro de las instalaciones.

Conclusiones

- Se aislaron diferentes cepas bacterianas entre las cuales están: *Staphylococcus* spp., *Proteus* spp., *Pseudomonas* spp., *Enterobacter* spp., hongo (*Aspergillus niger*) y Levaduras.
- *Staphylococcus* spp y *Proteus* spp presentaron mayor resistencia a los antibióticos. Mientras que *Pseudomonas* spp presentó mayor sensibilidad a los antibióticos.
- Los antibióticos que presentaron mayor resistencia en ambos hospitales fueron Claritromicina y Nitrofurantoina.
- Los microorganismos que con mayor frecuencia se aislaron en ambos hospitales fueron: Levaduras (45 % para el HA y 64 % para HB), *Staphylococcus* spp.

Agradecimientos

Nuestro sincero agradecimiento al Laboratorio de Calidad de Agua de la Provincia de los Santos

Referencias Bibliográficas

Aendekerk, S., Diggle, SP., Song, Z., Høiby, N., Cornelis, P., Williams P. y Cámara M. .2005.The MexGHI-OpmD multidrug efflux pump controls growth, antibiotic susceptibility and virulence in *Pseudomonas aeruginosa* via 4-quinolone-dependent cell-to-cell communication. *Rev. Microbiology*, 151, 1113-1125.

Baños, M., Somonte, D. y Morales, V. 2015. Infección nosocomial. Un importante problema de salud a nivel mundial. *Rev Latinoam Patol Clin Med Lab* 2015; 62 (1): 33-39.

Becerra, G., Plascencia, A., Luévanos, A., Hernández, I. y Domínguez, A. 2009. Mecanismo de resistencia a antimicrobianos en bacterias. *Rev. ENF INF MICROBIOL* 29 (2): 70-76.

Benavides, L., Aldama, A. y Vázquez, J. 2005. Vigilancia de los niveles de uso de antibióticos y perfiles de resistencia bacteriana en hospitales de tercer nivel de la Ciudad de México. *Rev. de Salud Pública de México*, 47(3): 219-225.

Benvenuto Vargas, V. P., (2017). “Determinación de *Escherichia coli* entero patógena (ECEP) en agua de mar del Circuito de Playas de la Costa Verde. Trabajo de Grado, Universidad Ricardo Palma 63-64.

Bernal, M. y Guzmán, M. 1984. el antibiograma de discos. normalización de la

Técnica de Kirby-Bauer. *Rev. Biomedica*, 4(3-4): 112-121.

Fica, A. 2014. Resistencia antibiótica en bacilos Gram negativos, cocáceas Gram positivas y anaerobios. Implicancias terapéuticas. *Rev. Med Clin Condes*, 25(3):432-440.

Gallardo Acevedo, A., (2019). Qué es la CLSI [en línea]. Bioanálisis al día. Disponible en: <https://bioanalisisaldia.com/tema-de-hoy/que-es-la-clsi/>

Hoyos, Á., Serna, L., Ortiz, G., Aguirre, J. 2012. Infección urinaria adquirida en la comunidad en pacientes pediátricos: clínica, factores de riesgo, etiología, resistencia a los antibióticos y respuesta a la terapia empírica. *Rev. Infectio*, 16:94-103.

Huttner, A., Harbath, S., Carlet, J., Cosgrove, S., Gooseens, H., Holmes, A., *et al.* 2013. Antimicrobial resistance: a global view from the 2013 World Healthcare-Associated Infections Forum. *Rev. Antimicrob Resist Infect Control*, 2(1), 31. doi: 10.1186/2047-2994-2-31

Jawetz, Melnick, Adelberg 2000. Microbiología médica. Decimo sexta ed. (A. Dr. Santos, Ed.) Colombia.

Klevens, R. E. 2002. Estimating healthcare-associated infections in U.S. hospital. *Public Health*, 122:160-166.

Levy, S. 2002. The antibiotic paradox, 2nd edition. *Cambirdge (MA): Persus Publishing*, 353p.

López, L. y Torres, C. 2006. Determinación de la actividad antimicrobiana. Trabajo práctico N°8. Universidad Nacional del Nordeste. Recuperado de:

<http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/tp8.pdf>

Machado, J. y Murillo, M. 2012. Evaluación de sensibilidad antibiótica en urocultivos de pacientes en primer nivel de atención en salud de Pereira. *Rev. Salud Pública*, 14(4):710-719.

Marcano, J. 2013. Aislamiento de Hongos anemófilos en el ambiente del servicio de emergencia del Hospital “Luis Daniel Beauperthuy” de Cumanacoa, Municipio montes, Estado sucre, Venezuela. Universidad de Oriente. Recuperado de:

http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2929/2/TESIS_JMB.pdf

Medina, D., Machado, M., Machado, J. 2015. Resistencia a antibióticos, una crisis global. *Rev. Méd. Risaralda*, 21(1):74.

Ministerio de Salud Pública (2012). Actualización del Programa de Prevención y Control de la infección Intrahospitalaria. República de Cuba: Dirección Nacional de Epidemiología.

León, D. I., (2019). Presencia de enterobacterias portadoras de genes de resistencia a antibióticos emergentes procedentes de aguas de riego y superficiales del Ecuador, año 2019. Trabajo de titulación previo a la obtención del grado académico de Magister en Agronomía Mención Cambio Climático, Universidad Técnica De Ambato. Págs1-2.

Pérez, L., Barletta, J., Quintana, H., Reyes, I., Otero, N. 2012. Estudio clínico, epidemiológico y microbiológico de pacientes con neumonía asociada a la ventilación mecánica ingresados en salas de cuidados intensivos. *Rev. Medisur*, 268-278.

Silva, J. 2006. Resistencia a antibióticos. *Rev. Latinoam Microbiol*, 105-112.

Ullsco, C. 2017. Determinación de *Pseudomona aeruginosa* en el área de hospitalización de varones y mujeres, del Hospital Docente Ambato (Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24577/2/Ullsco%20Tubón%2C%20Chrystiam%20David%20TESIS.pdf>.

EFFECTO DE ETIQUETAS PIT EN LA CONDICIÓN DE *Cardisoma crassum* (BRACHYURA: GECARCINIDAE) EN CAUTIVERIO, DE HICACO, VERAGUAS, PANAMÁ

PIT TAG EFFECT ON CAPTIVE *Cardisoma crassum* (BRACHYURA: GECARCINIDAE) CONDITION, FROM HICACO, VERAGUAS, PANAMA

Roberto Carlos Lombardo González

Universidad de Panamá, Centro de Capacitación, Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad,
Centro Regional Universitario de Veraguas. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-0279-8621>

roberto.lombardo@up.ac.pa

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4057>

Recepción

17/02/2023

Aprobación

31/05//2023

Resumen

La trazabilidad en acuicultura y estudios de campo requiere identificación confiable de los individuos. Las etiquetas internas pueden ayudar a mantener registros de identidad y evitar la pérdida típica de etiquetas externas debido a la muda en los crustáceos. Aquí presentamos el primer intento de implantar etiquetas de transpondedor integrado pasivo (PIT) en el cangrejo azul (*Cardisoma crassum*), en cautiverio, para evaluar su efecto en el estado de salud y su influencia en el peso y la mortalidad. Adicionalmente, la temperatura durante el experimento en cautiverio fue registrada para evaluar su efecto en la condición de los cangrejos. Las etiquetas PIT se implantaron por inyección en la base del cuarto pereiópodo. El cangrejo marcado más pequeño fue de 55,26 mm de ancho de cefalotórax; todos los cangrejos retuvieron los implantes hasta el término. La supervivencia fue del 77,8 % y no hubo diferencias en el peso y en el factor de condición como resultado de la implantación

de la etiqueta. El deterioro de la condición del cangrejo se correlacionó con el estrés térmico. Un mayor desarrollo de la acuicultura debe controlar el estrés térmico en cautiverio para reducir la mortalidad. Las etiquetas PIT sirvieron como un medio confiable para la identificación individual de cangrejos azules.

Palabras clave: Cangrejo azul, cefalotórax, estrés por calor, sobrevivencia, peso

Abstract

Traceability in aquaculture and field studies requires reliable individual identification. Internal tags can aid identity record keeping and prevent typical external tag loss due to molting in Crustaceans. Here we present the first attempt at implanting passive integrated transponder (PIT) tags in the blue crab (*Cardisoma crassum*), in captivity, to evaluate their effect on general condition, weight, and mortality. Additionally, temperature records were logged during the experiment to evaluate its effect on crab condition. PIT tags were implanted by injection through the base of the fourth pereopod. All crabs retained tags to term, and the smallest surviving tagged crab was 55.26 mm in cephalothorax width. Survival was 77.8%, and there was no difference in weight or condition factor as a result of tag implantation. Deteriorating crab condition was correlated with heat stress. Further aquaculture development must control heat stress in captivity to reduce mortality. PIT tags served as a reliable means for individual blue crab identification.

Keywords: Blue crab, cephalothorax, heat stress, survival, weight

Introduction

Accurate individual identification is key for aquaculture research and production farms (Foote et al., 2018; Fuller and McEntire, 2013; Rasal et al., 2021). Several techniques have been used to tag individual animals for the purpose of studying their movement, habitat use, behavior, physiology and survival (Haddaway et al., 2011; Lauzon-Guay and Scheibling, 2008; Lombardo and Rojas, 2022).

In crustaceans, several external and internal tagging methods have been developed for the accurate identification of individuals (Haddaway et al., 2011; Sato et al., 2020). Such methods have been applied to study behavior (Drew et al., 2012; Rondeau and Sainte-Marie, 2016), population density (Skurdal et al., 1992), migration (Smith et al., 2001), site fidelity (Forsee and Albrecht, 2012; Goshima et

al., 1978; Moraes-Costa and Schwamborn, 2018) and growth (Sato et al., 2013, 2020; Ulmestrand and Eggert, 2001).

External tagging in crustaceans has limitations due to periodic moulting (Mclay, 2015), where individuals discard the exoskeleton, which may result in loss of external tags (Haddaway et al., 2011; Sato et al., 2020). In contrast, internal tagging methods show high retention rates with minimal drawbacks (Sato et al., 2013), and do not show detrimental effects in the individual (Foote et al., 2018; Fuller and McEntire, 2013; Haddaway et al., 2011; Moraes-Costa and Schwamborn, 2018). Furthermore, internal tagging methods in crustaceans include microwire tags, (Sharp et al., 2000), visible elastomer implants and alphanumeric internal tags (Dinh et al., 2012; Haddaway et al., 2011), as well as passive integrated transponder (PIT) tags (Drew et al., 2012; Forsee and Albrecht, 2012; Haddaway et al., 2011; Meynecke et al., 2015; Moraes-Costa and Schwamborn, 2018; Sato et al., 2013).

PIT tags consist of an electronic microchip encased in a biocompatible material, (e.g., glass or surgical grade plastic). Transponders can be programmed with an infinite number of unique codes, do not require battery, and thus have unlimited life expectancy (Drew et al., 2012). Through a scanner, the distinctive code embedded in PIT tags can be read when energized by an electromagnetic field. This allows detecting and identifying animals carrying tags, without destructive sampling (Sato et al., 2013). Tags are placed internally via injection, therefore the risk of tag loss at moulting is significantly reduced compared with external tags (Moraes-Costa and Schwamborn, 2018).

The Blue Crab *Cardisoma crassum*, Smith 1870 is an important fishery resource and common resident of mangrove ecosystems in the Panamanian Pacific (Lombardo and Rojas, 2022; Vega et al., 2018). To date, aquaculture of *C. crassum* remains undeveloped in the country and there are only two published studies on *C. crassum* from Panama. Vega et al., (2018) described the blue crab artisanal fishery, while Lombardo and Rojas (2022) provided the first report of burrow fidelity in *C. crassum*, from the northeastern side of the Montijo Gulf. In the latter, burrow fidelity was evaluated with a mark-recapture method using an external mark of enamel paint

(Fig. 1A). This allowed tracking of individuals for a limited time period that ended with the onset of moulting and/or when individuals sealed themselves inside burrows (Fig. 1B) by placing a mud plug at the burrow entrance (Lombardo and Rojas, 2022). The above scenario implies that studies requiring extended follow-up of individuals in captivity or in the wild might be limited because the identity of post-moult and reemerging blue crabs (externally marked) is uncertain due to mark loss or burrow ownership changes prior to burrow plugging (Lombardo and Rojas, 2022). In this context, internally implanted PIT tags would allow accurate individual identity tracking over long time periods without the risk associated with external tag loss.

In Panama, the fishery of blue crab is not regulated (A. Vega, per. commun., 2020). This generates urgency for research where the identity and fate of individuals is tracked in studies spanning multiple seasons. This can be achieved by PIT tagging, to shed light over unresolved behavioral ecology and life history traits of the blue crab, including resource management and aquaculture development. For example, reliable identity tracking is necessary in advanced breeding programs under targeted mating based on pedigree and/or other traits such as disease loading (Foote et al., 2018; Rasal et al., 2021). Also, follow-up of individual changes in behavior across seasons might be useful for resource management because changes in behavior can affect the vulnerability of a species to overharvesting (Moraes-Costa and Schwamborn, 2018; Schwamborn and Moraes-Costa, 2021); thus, accuracy in tracking individual identity is of paramount importance.

In light of the above, and considering PIT tagging has not been attempted in this species, our main objective was to test tag retention and evaluate its effect on *Cardisoma crassum* overall condition in order to determine its feasibility for use in future research to learn more about this valuable fishery resource.

Figure 1.

Cardisoma crassum external marking method and sampling criteria. A. Enamel paint over cephalothorax for individual identification. B. Burrow mud plug at entrance. C, D. Feces pellets outside burrow entrance and *Avicennia germinans* fruit remains as signs of crab activity. E, F. Wooden artisanal traps for sampling.



Methods

Sampling protocol

The experiment, conducted in captivity, employed crabs sampled from Hicaco (7.64944°N -81.19967°E), in Soná, Veraguas, from February to March 2022. To acquire the sample, burrows in the field were selected based on visual confirmation of occupation and recent activity signs at the entrance. Burrow occupation signs include freshly excavated mud outside the burrow, fresh feces pellets and/or fresh plant remains on entrance (Fig. 1C, D). When a burrow met these criteria, a wooden trap was set (Fig. 1E, F) to capture crabs. Once trapped, the sex of crabs was determined by the shape of the abdomen (Fischer et al., 1995), and if females were carrying eggs, they were excluded from the sample and released. This precautionary measure was taken to avoid potential confounding effects arising from factors such as mortality risk and significant weight fluctuations resulting from dislodging of the egg mass. Crabs missing no more than two pereopods, chelae or a combination of both were deemed acceptable. Immobilized individuals were placed in lidded containers with water saturated sponges for transportation to the holding facility in Santiago Veraguas (Fig. 2A), no longer than 48 hours after capture.

Experimental settings in captivity

On arrival to the holding facility, crabs with evident signs of lethargy were excluded from the experiment. Crabs were held by the sides of the carapace (Fig. 3) and their sex and handedness (side of major chela) were verified, while biometric variables such as, cephalothorax width (CW), cephalothorax length (CL), chela height (QH) and chela length (QL) were measured with a digital vernier caliper (0.1 mm). As crabs exhibit a highly agitated response to handling, individuals were first marked by applying quick-drying white enamel to their cephalothorax. Subsequently, the crabs were weighed by placing them inside a plastic container on a digital scale, accurate to 0.01 grams. Once the measurement was recorded, the crabs were promptly released into their designated holding tank without any further physical

contact.

Crabs were sorted and placed inside 23 L capacity lidded tanks, with 100 ml of brackish water and provided with clay pots as shelter. Tanks were raised above ground in wooden pallets (1 m x 1.20 m x 0.16 m) under the shade (Fig. 2A, B), where external, as well as temperature inside holding tanks was recorded (February–April) with data loggers (AZ 88163). The diet consisted of yuca (*Manihot esculenta*), maize (*Zea mays*), carrot (*Daucus carota*), cucumber (*Cucumis sativus*), watermelon (*Citrullus lanatus*), mango (*Mangifera indica*) and coconut (*Cocos nucifera*). Holding tanks were cleaned and food items offered *ad libitum* at 48-hour intervals and regular photoperiod.

Figure 2.

Experimental settings for PIT tag effect assessment in Cardisoma crassum. A. Crab holding tanks (23 L), equipped with weighted lids for secure closure. Ventilation was allowed by placing a 4 cm wooden spacer under the lid. B. Internal holding conditions. Crabs were provided with clay pots for shelter; food items were placed in front of individuals.



Tag implantation

After an acclimation period of three days, the condition of crabs was evaluated using Mayze et al., (2014) liveliness index followed by tag implantation, where in the "very slow" state, the crabs are nearing death, characterized by legs that offer no resistance to external force and non-responsive pincers. The response to touch of the eye stalks is negligible, and there may be signs such as drooping mouth parts and foaming from the mouth. In the "slow" state, the subject displays slow movement of its legs with slight resistance to force, while the chelae exhibit a slow response; the eye stalk response is also diminished. Conversely, in the "lively" state, the legs of crabs exhibit quick movement with resistance to force, and the pincers are strong and active; eye stalks show a fast response to the touch. Finally, in the "very lively" state, the subject's legs demonstrate strength, with precise and forceful digging of the tips. The chelae are notably active and aggressive, while the eye stalk response is rapid; crabs might lunge at objects in a threat display. Prior to tag injection, crabs were submerged in an ice water bath (16–18 C°) until sedated (90–120 seconds) to reduce stress and facilitate the procedure. PIT tags type FDX-B (Biomark Mini HPT8, dimensions: 8 mm x 1.4 mm) were implanted into the base of the fourth pereopod of crabs (Moraes-Costa and Schwamborn, 2018) by means of injection (Biomark MK165 Implanter syringe) with a 16-gauge needle (Fig. 3A, B). The injection was located in either side (right or left) of the crab avoiding the site of missing pereopods or budding scars. The 15-digit ID number of tags was detected at close range with a portable pet microchip scanner (Smoostart 134.2 kHz) (Fig. 3C, D).

Once implanted the ID number of each individual was confirmed with the scanner and then returned to their respective holding tanks. Survival, tag retention and liveliness (Mayze et al., 2014) were evaluated at 48-hour intervals during 33 days by ocular inspection, scanner readings and display of normal signs of activity, such as startle reflex, rising chelae, aggressive lunging of the chelae and body, and overall escape response to handling.

Data analysis

The sex ratio of individuals in the sample was evaluated with the Chi-square goodness of fit test. Biometric data was sorted and tabulated for standard descriptive purposes. Length and weight differences between sexes were assessed with the Student t-test. The relationship between biometric variable predictors CL, QH, QL, TW and CW (response) was analyzed with regression (least squares). The objective of the analysis was to construct a model that could identify the most suitable predictor(s) for CW (Dixon and Massey, 1957). This approach was adopted due to the significance of CW as a proxy measure for assessing most crab fisheries.

The model was fitted by stepwise process ($\alpha = 0.15$), according to the P-value of terms and predictor significance diagnostic by Pareto standardized effects plot. Weight was used as a proxy for general crab condition and indicator of tag effect. The weight (g) of crabs was measured at four stages within the 33-day experimental period and later compared with one-way ANOVA. Crabs were weighted in the third day after the acclimation period, and then after PIT tag implantation at 17, 26 and 31 days.

Figure 3.

Tag implantation procedure in Cardisoma crassum. A. Biomark Mini HPT8 PIT tag measuring 8 mm x 1.4 mm. B. Tag detail with antenna copper wire coil and casing. C. Tag implantation with applicator syringe and 16-gauge needle to the base of the fourth pereopod. D. Close range scanner for PIT tag detection. E. Scanner display screen with 15-digit ID number.



Individuals were monitored every 48 hours and the survival-mortality proportion recorded. To compare these proportions, a hypothesis test was run using the difference in said proportions along a 95% confidence interval (C.I.) and corresponding P-value. The consistency of the observed mortality proportion is of importance to determine if it is acceptable; at least not to exceed the upper bound of a 95% confidence interval. Such interval including the observed population proportion was calculated and its upper bound used as cut-off value for the hypothesis Z-test. This particular test sought to determine if the observed proportion would statistically exceed the hypothesized proportion, thus providing insight in the expected mortality as a result of PIT tagging. The effect of temperature over the proportions of crabs in each condition category of the lively index was explored with the Pearson correlation.

The relationship between cephalothorax width and weight (CW-TW) was estimated using the equation for the potential function (Table 1). Since the CW-TW is not linear, and weight variability increases as individual length increase, a log-10 transformation was used (Froese, 2006; Ogle, 2016; Ogle et al., 2021). The slopes were tested for their inclusion in the isometric ($b = 3$) or allometric growth range (negative allometric; $b < 3$ or positive allometric; $b > 3$) by computing a t-test and P-value (Dixon and Massey, 1957; Froese, 2006) with the equation:

$$t_s = \frac{(3 - b)}{S_b}$$

where the number three represents the cut-off value for when the null hypothesis is true, "b" is the observed slope value and S_b is its estimated standard error (from regression analysis). Furthermore, after data transformation, slopes and intercepts of cephalothorax width (CW) and weight (TW) were used to calculate three condition indexes, before and after tag implant. Fulton's (k) condition index (Fulton, 1902), Ricker's modified condition index (Ricker, 1975) and LeCren's (k_n) relative condition index (Huxley, 1950; Le Cren, 1951), were used to infer the general status and effect of PIT tag implantation in our sample (Table 1). The resulting values before and after the implantation of PIT tags were compared, for each index, with

the two-sample Student t-test.

It is unknown if confinement or sex-related differences may have an effect on crab stress levels that might produce limb loss. To explore whether these factors and limb loss had any connection, the proportion of complete individuals and those with missing limbs were counted; the Chi-square test was used to determine if there was significant difference between proportions. The weight gain of individuals was compared (Student t-test) to explore potential difference due to sex or limb loss. Data was organized using a spreadsheet in MS Excel and processed with Minitab19 statistical software.

Table 1.

Formulae for Cardisoma crassum cephalothorax width-weight relationship (CW-TW) and condition index (k). Letters “a” and “b” are the exponential forms of the intercept and slope, from the logarithmic length-weight equation (Le Cren, 1951), TW is the total weight and CW, the cephalothorax width.

Index	Equation		Regression parameters			
			Before PIT tag implant		After PIT tag implant	
			(b)	(a)	(b)	(a)
Potential function	$TW = a \cdot CW^b$		(b)	(a)	(b)	(a)
Fulton's (k)	$k = 1000 * (TW/CW^3)$	Pooled	2.782	0.001164	2.778	0.001195
Ricker's	$k = 1000 * (TW/CW^b)$	Male	2.761	0.001278	2.754	0.001327
LeCren's	$K_n = TW/(a * CW^b)$	Female	2.845	0.000894	2.867	0.000825

Results

Biometry

A total of 36 blue crabs were captured from February to March 2022 of which, 25 were males and 11 females (no gravid females found) with a statistically uneven sex ratio of 2.3:1 (Chi-square goodness of fit test, $\chi^2 = 5.44$, $P = 0.02$). Pooled mean CW was 67.63 ± 7.78 mm (54.56–83.42 mm, $N = 36$), while the average TW was 148.92 ± 49.51 g (76.41–284.79 g, $N = 36$). Male CW averaged 69.16 ± 8.11 mm (55.26–83.42 mm, $N = 25$) and 64.15 ± 5.91 mm for females (54.56–76.09 mm, $N = 11$) (Table 2). When comparing biometric variables between sexes, males were larger and heavier than females (CW, $t = 2.08$, d.f. = 26, $P = 0.05$; QL, $t = 3.44$, d.f. = 32, $P = 0.002$; QH, $t = 2.27$, d.f. = 26, $P = 0.03$; TW, $t = 2.24$, d.f. = 29, $P = 0.03$), except for CL where the means were not significantly different (Student t-test, $t = 1.49$, d.f. = 25, $P = 0.15$).

The relationship between the biometric variable predictors (CL, QH, QL and TW) and the response (CW) was confirmed in the regression model ($r^2 = 0.9716$, $F_{(2,33)} = 564.52$, $P < 0.001$). Model fitting by stepwise selection indicated that the best predictors for crab CW in our sample were CL ($r^2 = 0.9632$, $F_{(1,34)} = 352.28$, $P < 0.001$), TW ($r^2 = 0.9341$, $F_{(1,34)} = 482.19$, $P < 0.001$), and QL ($r^2 = 0.7743$, $F_{(1,33)} = 113.18$, $P = 0.004$), while QH did not contribute significantly to the fit ($r^2 = 0.4942$; Fig.4).

Figure 4.

Relationship between biometric variables in Cardisoma crassum from Hicaco, Soná, Veraguas, Panama Pacific. Cephalothorax width (CW), cephalothorax length (CL), chela height (QH), chela length (QL) and total weight (TW). Weight is reported in grams, while the rest of variables are in millimeters.

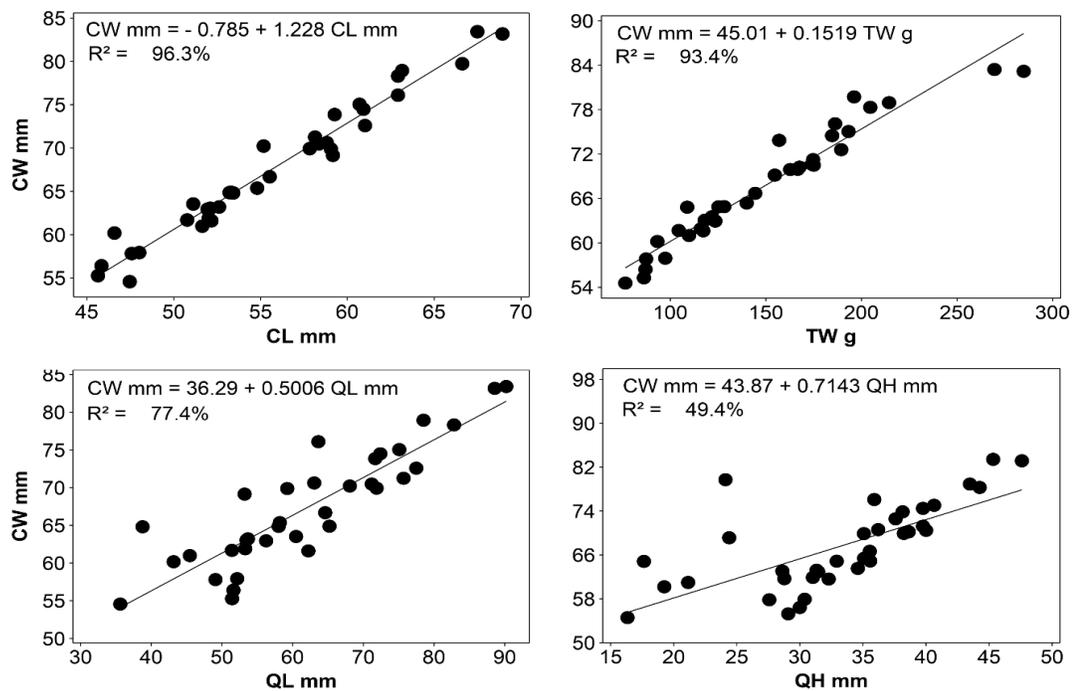


Table 2.

Cardisoma crassum descriptive statistics from Hicaco, Veraguas, Panama. Cephalothorax width (CW), cephalothorax length (CL), chela height (QH), chela length (QL), total weight (TW), and Standard deviation (SD); all in millimeters (mm)

Variable	Mean \pm SD		Minimum- Maximum	
	♂	♀	♂	♀
CW	69.16 \pm 8.11	64.15 \pm 5.91	55.26-83.42	54.56-76.09
CL	56.63 \pm 6.61	53.67 \pm 4.89	45.63-68.93	47.46-62.91
QL	65.36 \pm 13.74	53.36 \pm 7.13	38.77-90.21	35.61-63.63
QH	34.88 \pm 7.96	29.59 \pm 5.63	17.63-47.6	16.33-35.9
TW	158.8 \pm 52.9	126.47 \pm 32.54	86.2-284.8	76.41-186.17

The cephalothorax width-weight relationship was significant for the pooled data, while in general, blue crabs showed allometric growth provided the slope was not significantly different from $b = 3$ (Student t-test, $t = -2.13$, $df = 34$, $P = 0.040$). However, when the slopes for each sex were tested separately, P-values larger than $\alpha = 0.05$ were obtained ($\text{♂ } P = 0.087$, $\text{♀ } P = 0.404$), indicating isometric growth (Table 3).

Table 3.

*Relationship between cephalothorax width and weight (CW-WR), and allometry test on *Cardisoma crassum*, from Hicaco, Veraguas, Panama. Cephalothorax width (CW) in millimeters, total weight (TW) in grams, intercept (a), slope (b) from equation.*

CW-WR	Linear regression equation	r ²	t-test	
			allometry (H ₀ : b = 3)	TW = a · L ^b
Pooled	log(TW) = -2.934 + 2.782·log(CW)	0.96, P < 0.001	t = -2.13, df = 34, P = 0.040	0.00116 · L ^{2.782}
♂	log(TW) = -2.893 + 2.761·log(CW)	0.95, P < 0.001	t = -1.79, df = 23, P = 0.087	0.00128 · L ^{2.761}
♀	log(TW) = -3.048 + 2.845·log(CW)	0.97, P < 0.001	t = -0.87, df = 9, P = 0.404	0.00089 · L ^{2.845}

The 40.63% of crabs in the sample had missing appendages (pereiopods or chela) from the field, where 31.25% of males and 9.38% of females were missing appendages. There was no association between crab sex and the proportion of complete to incomplete individuals (Chi-square test for independence, $\chi^2 = 0.54$, $P = 0.46$). The proportion of crabs with the major chela on the left side of the body reached 46.88%, while 40.63% had it on the right side, although crab handedness was not skewed (Chi-square goodness of fit test, $\chi^2 = 0.14$, $P = 0.71$) and also not associated to crab sex (Chi-square test for independence, $\chi^2 = 0.08$, $P = 0.96$). There were four instances (12.5%) of homochely, one female and 3 males; however, individuals in our sample were predominantly heterochelous (Chi-square goodness of fit test, $\chi^2 = 18$, $P < 0.001$).

Blue crab survival

Subjects did not manifest adverse effects of PIT tag implantation and, in general, sedated crabs showed no stress signs as a result of needle insertion through the arthroal membrane. After needle retrieval, a minute amount of haemolymph leaked through the punctured membrane; however, tags were retained in all individuals and no evident signs of infection or rejection response were identified. The CW of the smallest surviving tagged crabs was 55.26 mm and 57.81 mm for males and females, respectively.

The 77.8% of crabs survived PIT tag implantation without change in behavior. In contrast, mortality reached 22.2% (five males and three females) through the experimental period (Fig. 5). The difference between these two proportions (dif. = 0.56, 95% C.I. = 0.36–0.75) was significant ($Z = 5.67$, $P < 0.001$). The 95% confidence interval of the observed mortality proportion was 0.10–0.39. When the observed mortality proportion was contrasted against the upper bound of its confidence interval, the observed proportion resulted significantly smaller than the hypothesized proportion (Exact method, $P = 0.04$).

Average air temperature during the experimental period of 33 days was 28.32 ± 0.96 °C (26.00–30.20 °C), while the minimum and the maximum reached 21.77 ± 1.54 °C (18.40–25.00 °C) and 34.85 ± 1.42 °C (28.20–37.20 °C), respectively. Continuous temperature readings from inside holding tanks showed crabs were exposed to temperatures over 30 °C for an average of 9 h, daily (Fig. 6). Maximum temperatures were significantly correlated with the percentage of individuals entering status categories leading to death. When the temperature increased, a significantly increasing number of crabs entered the lively to very slow condition. These crabs were previously in very lively condition; however, when the temperature increased their condition deteriorated, as indicated by a negative correlation between the proportion of very lively crabs and increasing temperature ($r = -0.62$; $P = 0.031$; Table 4).

Table 4.

Pearson correlations for maximum temperatures (°C) and condition index categories in captive Cardisoma crassum from Hicaco, Veraguas, Panama.

Condition index	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
Dead	0.232	(-0.394, 0.711)	0.468
Very slow	0.737	(0.283, 0.921)	0.006
Slow	0.596	(0.034, 0.872)	0.041
Lively	0.571	(-0.005, 0.862)	0.053
Very lively	-0.622	(-0.881, -0.074)	0.031

Figure 5.

Cardisoma crassum condition and mortality in captivity. Upper panel represents percentage individuals in very lively condition (blank), while the bars bellow contain percentages of lively (diagonal lines), slow (cross), very slow (gray) and dead (black) individuals. Injection day is ID6, and the line in the secondary “y” axis is the maximum temperature °C.

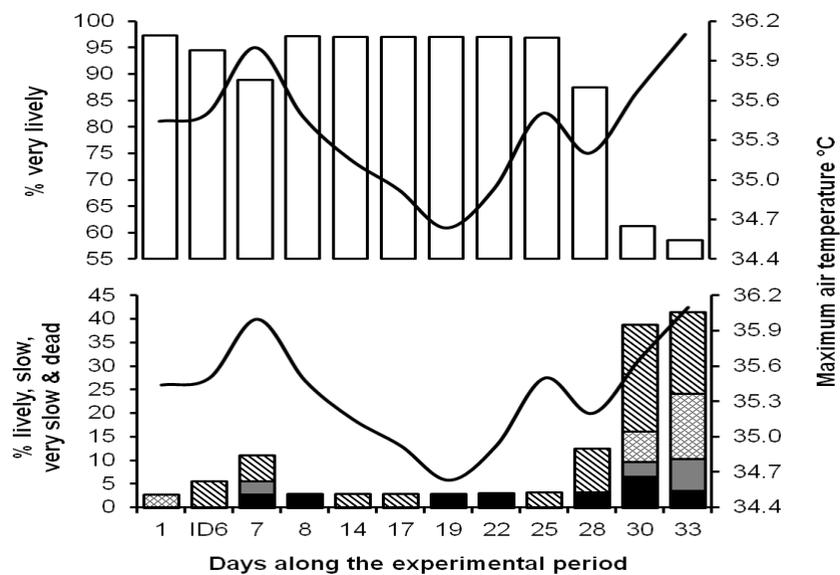
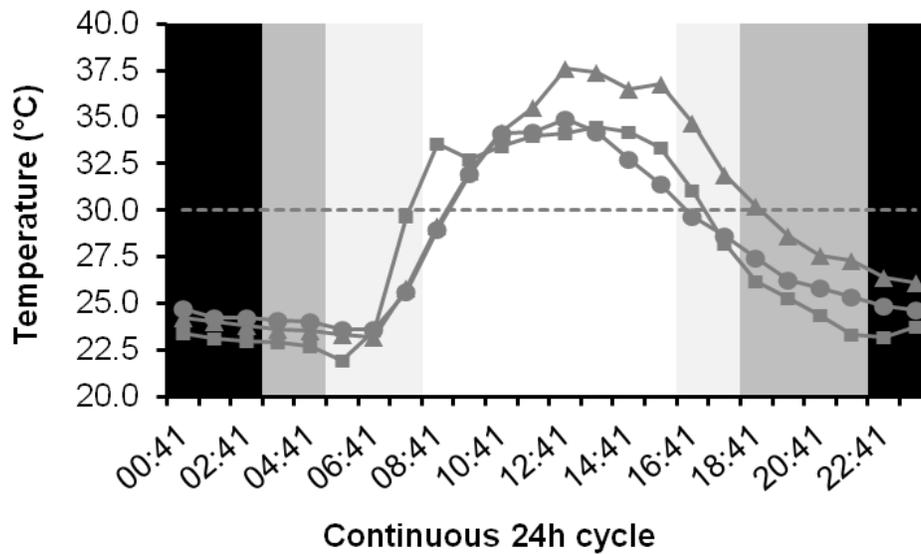


Figure 6.

Temperature from inside Cardisoma crassum holding tanks. Background symbolizes night (black), early morning and evening (gray), morning and late afternoon (light gray), noon and afternoon (blank). Square markers correspond to February records; triangle and circle indicate March and April temperatures, respectively. Dotted line is 30 °C reference.



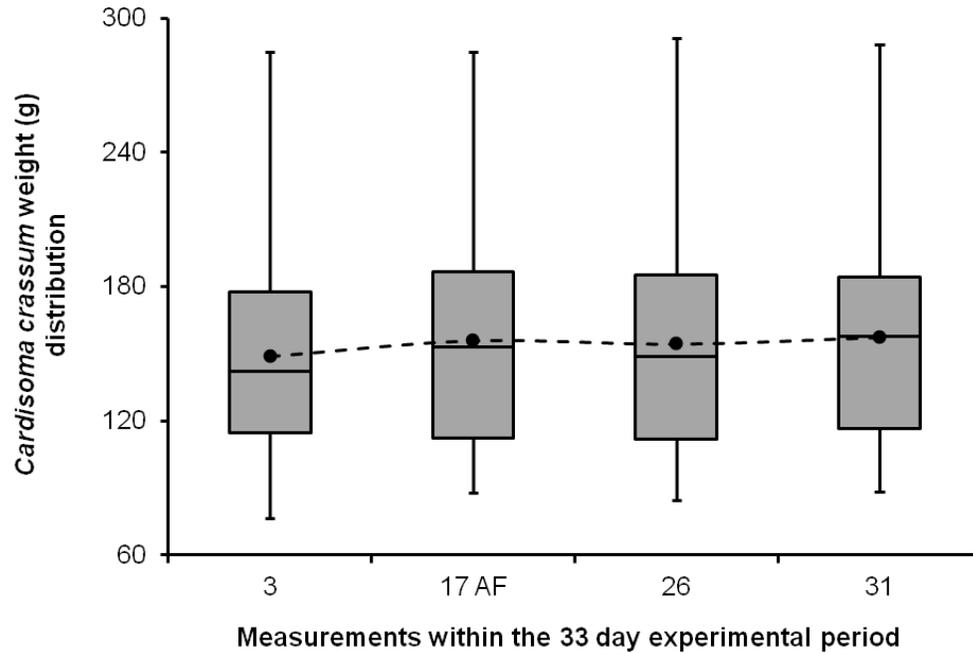
Weight and condition factor response to PIT tag implant

At the start of the experiment, blue crabs weighted in average 148.92 ± 49.51 g (76.41–284.79 g, N = 36), while at the end their average weight was 157.39 ± 51.22 g (88.07–288.03 g, N = 29). Crabs that augmented their weight (81.25 %) had a mean gain of 4.51 ± 2.91 g (0.17–11.79 g, N = 26), while those that lost weight (18.75 %) had an average loss of 4.91 ± 2.65 g (1.78–8.61 g, N = 6).

However, there was no significant difference in mean weight among the four measurements in response to PIT tag implantation (one-way ANOVA, $F_{(3,125)} = 0.17$, $P < 0.913$) (Fig. 7). There was no difference between the sexes (Student t-test, $t = -0.33$, $df = 24$, $P = 0.74$), nor between complete individuals and those missing appendages in weight gains (Student t-test, $t = 0.35$, $df = 24$, $P = 0.73$).

Figure 7.

Captive Cardisoma crassum weight response to PIT tag implantation. Black dots in boxes represent the mean for each weight-in period, and AF is days after tag implant.



There was no difference between condition factor means: Fulton (Student t-test, $t = -0.45$, $df = 64$, $P = 0.658$), Ricker (Student t-test, $t = -1.63$, $df = 63$, $P = 0.108$), and LeCren (Student t-test, $t = -0.001$, $df = 64$, $P = 0.996$) before and after PIT tag implantation (Table 5).

Table 5.

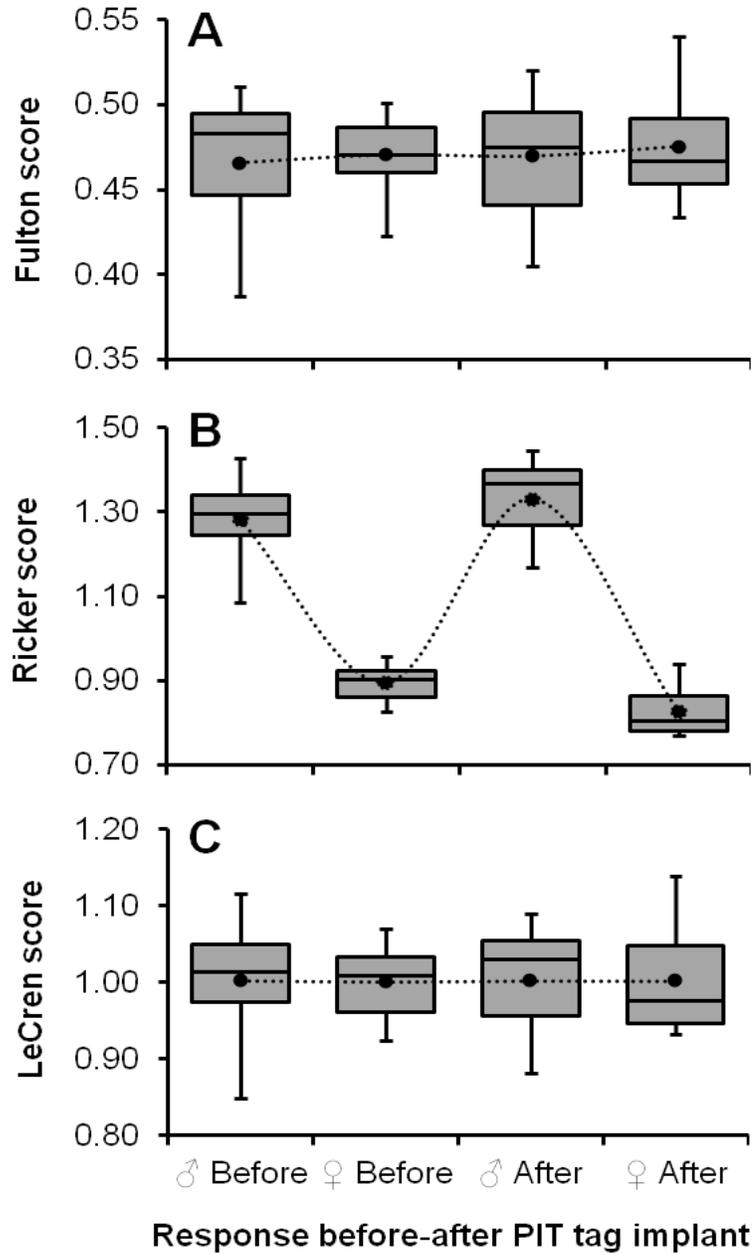
*Condition factors before and after PIT tag implant in captive *Cardisoma crassum* from Hicaco, Veraguas, Panama.*

Time	Condition factor	Mean \pm SD	Minimum	Maximum
Before PIT tag implant	Fulton's (k)	0.467 \pm 0.032	0.387	0.511
	Ricker's modified (k)	1.167 \pm 0.077	0.990	1.295
	LeCren's relative (k_n)	1.002 \pm 0.066	0.851	1.112
After PIT tag implant	Fulton's (k)	0.471 \pm 0.034	0.405	0.540
	Ricker's modified (k)	1.198 \pm 0.081	1.053	1.364
	LeCren's relative (k_n)	1.002 \pm 0.068	0.881	1.141

There was no significant difference between male and female condition factors before PIT tag implantation, except in Ricker's modified condition index (Student t-test, $t = 13.03$, $df = 34$, $P < 0.001$). The same result was obtained while comparing male and female condition factors after PIT tag implantation (Student t-test, $t = 18.46$, $df = 23$, $P < 0.001$; Fig. 8).

Figure 8.

Cardisoma crassum condition factor response before-after PIT tag implantation and individual's sex in captivity. A. Fulton's condition factor. B. Ricker's modified condition factor. C. LeCren's condition factor. Black dots represent condition factor means for each period.



Discussion

This is the first time implantation of PIT tags was attempted successfully in *C. crassum*. Abnormal crab behavior was not observed, and there were no detectable PIT tag effects in weight or any of the three condition factors calculated before and after tag implantation. A difference between sexes was detected through Ricker's condition factor; most likely inherent to body allometry, not condition before and after implantation. In this regard, a small difference in the regression coefficient "b" between sexes could generate large differences in the calculation of this condition factor (Moghaddam et al., 2015). In this study the regression coefficient "b" in females was higher than that of males, causing denominator inflation (Ricker, 1975), which resulted in smaller female condition factor values.

Even though the mortality rate in our experiment reached 22%, the causes for mortality might not have been directly related to the injection or PIT tags themselves. For example, instances of mortality were unlikely due to miscalculation of needle optimal length insertion, as necropsy revealed tags were retained in muscle tissue, at the coxa, without signs of infection or damage to the abdominal cavity. This pattern was observed in individuals that survived to term as well as those of premature death. Haemolymph loss as a result of injection was also an unlikely cause of death, as the amount leaked was negligible among individuals.

Diet was also an unlikely cause for mortality in our experiment since all food items offered were consumed and there was no difference between the four weight-ins. However, we observed differences in appetite within the experimental period, particularly in warm days; feeding activity was low. A portion of individuals seemed to recover but others registered decaying liveliness index scores (Mayze et al., 2014) following such warm days. Moreover, the results point to the importance of high temperatures during the experiment as a factor in the observed mortality proportion.

High temperature and elapsed exposure time (average 9h daily) might have an effect on blue crab dehydration. This is of particular interest for development of aquaculture practices since an increase in dehydration levels leads to a reduction of food intake in Gecarcinid and Fiddler crabs (da Silva et al., 2020; McGaw et al.,

2019). Heat stress plays an important role in *Cardisoma crassum* ecology, as in the wild, their habits and fidelity to their burrow may contribute to heat stress avoidance by remaining deep inside burrows, plugging burrow entrances in dry season and becoming active only during cooler night time periods or in rainy season (Lombardo and Rojas, 2022). This pattern is repeated in Fiddler crab species where rising temperature increased the time spent inside burrows (da Silva et al., 2020). Overall, long term heat stress may compromise energy supply, growth, and survival of animals (Pörtner et al., 2017).

Under the current experimental conditions, the mortality proportion would likely remain as low as 10% and under 39% with a 95% confidence level. However, if holding conditions were improved to minimize heat stress, particularly during dry season, lower mortality in research for aquaculture development could be achieved in this species. For instance, PIT tag implantation can be used to advance longer holding times as molting and mating in captivity have not been reported in *C. crassum*. These features of the blue crab's life history are critical to developing breeding programs and determine the potential for aquaculture of the species.

Long term molting in *Cardisoma guanhumi*, a closely related species, can be conducive to internal tag loss (Moraes-Costa and Schwamborn, 2018); thus, longer experimental periods should be tested with PIT tag implanted *C. crassum* individuals, in both captivity and the field, in order to assess long term tag efficiency.

In line with previous studies (Vega et al., 2018; Zambrano y Olivares, 2020), males were larger and heavier than females in our sample. Compared to eastern Montijo Gulf populations studied by Vega et al. (2018) and Lombardo and Rojas (2022), sampled *C. crassum* from the western Montijo Gulf (Hicaco) were larger. Furthermore, we found that the isometric relationship between carapace width (CW) and total weight (TW) in *Cardisoma crassum* was stronger in females, possibly indicating a subtle size difference between the sexes within our sample. This discrepancy could be attributed to variations in the development of body structures. Notably, the female abdomen plays a crucial role in protecting and facilitating egg hatching, leading to changes throughout its allometric development upon reaching

sexual maturity (Hartnoll, 1974). The sexual dimorphism observed in the abdomen stems from functional differences in male and female pleopods, resulting in a larger carapace length for female crabs (Hartnoll, 1974; Mclay, 2015). These significant biometric differences may contribute to the more "rounded" cephalothorax observed in female specimens. Consequently, the carapace width and weight increase at almost the same rate, which accounts for the observed CW-TW isometric relationship in females.

Furthermore, we determined a male biased sex ratio; a common condition in crustaceans (Wenner, 1972). Studies published for panamanian populations of *C. crassum* have reported a male biased (Vega et al., 2018) and an even sex ratio (Lombardo and Rojas, 2022). In the case of Hicaco, fishermen indicated that blue crabs are not their main target, a statement confirmed by unavailability of crabs in local markets due to low demand. Normally, fishing mortality eliminates large individuals from the population first; thus, in this case, as there is marked body size asymmetry favoring males, the low fishing mortality (Alemán et al., 2018; Vega et al., 2018; Zambrano y Olivares, 2020), such as in Hicaco, could explain the overall observed size difference and male biased sex ratio in our sample. These arguments should be considered with care, provided size differences as well as the skewed sex ratios might be indicative of population level differences that warrant further research.

Conclusions

Overall, PIT tags appear to be a suitable tagging method for use in *C. crassum*, without negative effects in weight, condition or behavioral features alongside high retention rates and manageable mortality rates.

Acknowledgements

We thank Ciro Lombardo for assistance during the experimental period, and IDEA WILD for partial funding of equipment (Grant ID: LOMBPANA0821). We are also grateful to the reviewers for their valuable comments to improve earlier versions of the manuscript.

References

- da Silva, B., Miyai, C. A., Augusto, A., and Costa, T. M. (2020). Effects of temperature increase on the physiology and behavior of fiddler crabs. *Physiology and Behavior*, 215(December 2019), 112765. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112765>
- Dinh, H., Coman, G., Hurwood, D. A., and Mather, P. B. (2012). Experimental assessment of the utility of visible implant elastomer tags in a stock improvement programme for giant freshwater prawn (*Macrobrachyum rosenbergii*) in Vietnam. *Aquaculture Research*, 43(10), 1471–1479. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02949.x>
- Dixon, W. J., and Massey, F. J. (1957). Introduction to statistical analysis. In *Introduction to statistical analysis* (2nd ed.). McGraw-Hill.
- Drew, M. M., Hartnoll, R. G., and Hansson, B. S. (2012). An improved mark-recapture method using passive integrated transponder (PIT) tags in *Birgus latro* (Linnaeus, 1767) (Decapoda, Anomura). *Crustaceana*, 85(1), 89–102. <https://doi.org/10.1163/156854012X623656>
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., and Niem, V. H. (1995). Pacífico centro-oriental. Volumen I. Plantas e invertebrados. In *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. (1st ed.). FAO. 646.

- Foote, A. R., Stratford, C. N., and Coman, G. J. (2018). Passive integrated transponder (PIT) tagging black tiger shrimp, *Penaeus monodon*: Applications for breeding programs. *Aquaculture*, 491, 321–324. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.12.029>
- Forsee, R. A., and Albrecht, M. (2012). Population estimation and site fidelity of the land crab *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Brachyura: Gecarcinidae) on Vieques Island, Puerto Rico. *Journal of Crustacean Biology*, 32(3), 435–442. <https://doi.org/10.1163/193724012X626467>
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253.
- Fuller, S. A., and McEntire, M. (2013). The Effect of PIT Tagging on Survival, Tag Retention, and Weight Gain in Fingerling White Bass. *Journal of Applied Aquaculture*, 25(2), 95–101. <https://doi.org/10.1080/10454438.2012.759894>
- Fulton, T. W. (1902). The rate of growth of fishes. *20th Annual Report of the Fishery Board of Scotland*, 3, 326–446.
- Goshima, S., Ono, Y., and Nakasone, Y. (1978). Daily activity and movement of the land crab, *Cardisoma hirtipes* DANA, by radio-telemetry during non-breeding season. *Publications of the Amakusa Marine Biology Laboratory*, 4(3), 175–187.
- Haddaway, N. R., Mortimer, R. J. G., Christmas, M., and Dunn, A. M. (2011). A review of marking techniques for Crustacea and experimental appraisal of electric cauterisation and visible implant elastomer tagging for *Austropotamobius pallipes* and *Pacifastacus leniusculus*. *Freshwater Crayfish*, 18(1), 55–67. <https://doi.org/10.5869/fc.2011.v18.55>
- Hartnoll, R. G. (1974). Variation in growth pattern between some secondary sexual characters in crabs (Decapoda Brachyura). *Crustaceana*, 27(2), 131–136.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1163/156854074X00334>

Huxley, J. S. (1950). Relative growth and form transformation. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B - Biological Sciences*, 137(889), 465–469.

Lauzon-Guay, J. S., and Scheibling, R. E. (2008). Evaluation of passive integrated transponder (PIT) tags in studies of sea urchins: Caution advised. *Aquatic Biology*, 2(2), 105–112. <https://doi.org/10.3354/ab00040>

Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *British Ecological Society*, 20(2), 201–219.

Lombardo, R. C., and Rojas, M. (2022). Burrow fidelity in the blue crab, *Cardisoma crassum* Smith, 1870 (Brachyura: Gecarcinidae) from the Ponuga River, Veraguas, Panama. *Nauplius*, 30, e2022033. <https://doi.org/10.1590/2358-2936e2022033>

Mayze, J., Poole, S., Mark Boulter, and Iakoba, B. (2014). *Increase sustainable use of crab fisheries resources by recovering revenue from crabs currently rejected at market* (Issue 2012).

McGaw, I. J., Van Leeuwen, T. E., Trehern, R. H., and Bates, A. E. (2019). Changes in precipitation may alter food preference in an ecosystem engineer, the black land crab, *Gecarcinus ruricola*. *PeerJ*, 2019(5), 1–28. <https://doi.org/10.7717/peerj.6818>

Mclay, C. (2015). Moulting and growth in Brachyura. In P. Castro, P. Davie, G. D., F. Schram, and C. von Vaupel (Eds.), *Treatise on Zoology - Anatomy, Taxonomy, Biology. The Crustacea* (pp. 245–316). Brill. https://doi.org/10.1163/9789004190832_007

Meynecke, J. O., Mayze, J., and Alberts-Hubatsch, H. (2015). Performance and

physiological responses of combined t-bar and PIT tagged giant mud crabs (*Scylla serrata*). *Fisheries Research*, 170, 212–216. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.06.013>

Moghaddam, P., Kalvani Neitali, B., Kamrani, E., Noori, A., Pinheiro, M. A. A., and Akbarzadeh, A. (2015). Condition factor and carapace width versus wet weight relationship in the blue swimming crab *Portunus segnis*. *Animal Biology*, 65(2), 87–99. <https://doi.org/10.1163/15707563-00002463>

Moraes-Costa, D., and Schwamborn, R. (2018). Site fidelity and population structure of blue land crabs (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1825) in a restricted-access mangrove area, analyzed using PIT tags. *Helgoland Marine Research*, 72(1), 1–15.

Ogle, D. (2016). *Introductory Fisheries Analyses with R* (Taylor and Francis Group (ed.)). Chapman and Hall/CRC.

Ogle, D., Doll, J., Wheeler, P., and Dinno, A. (2021). *FSA: Fisheries Stock Analysis* (0.9.1.9000).

Pörtner, H. O., Bock, C., and Mark, F. C. (2017). Oxygen- and capacity-limited thermal tolerance: Bridging ecology and physiology. *Journal of Experimental Biology*, 220(15), 2685–2696. <https://doi.org/10.1242/jeb.134585>

Rasal, A., Patnaik, M., Murmu, K., Sundaray, J., and Das Mahapatra, K. (2021, December). Importance of PIT Tagging in Aquaculture Selective Breeding Programs. *Vol. 52 No. 4, December*, 59–63.

Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1–382.

Rondeau, A., and Sainte-Marie, B. (2016). Variable mate-guarding time and sperm allocation by male Snow Crabs (*Chionoecetes opilio*) in response to sexual

competition, and their impact on the mating success of females. *Biological Bulletin*, 201(2), 204–217.

Sato, T., Sugaya, T., and Yoshikawa, H. (2020). Novel method of tagging the kuruma prawn *Penaeus japonicus* with a trans-molting retentive external eye (TRAMORE) tag. *Fisheries Research*, 225, 105482. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2019.105482>

Sato, T., Yoseda, K., Abe, O., Shibuno, T., Takada, Y., Dan, S., and Hamasaki, K. (2013). Growth of the coconut crab *Birgus latro* estimated from mark-recapture using passive integrated transponder (PIT) tags. *Aquatic Biology*, 19(2), 143–152. <https://doi.org/10.3354/ab00517>

Schwamborn, R., and Moraes-Costa, D. F. (2021). Growth and mortality of the endangered land crab *Cardisoma guanhumii* assessed through tagging with PITs and novel bootstrapped methods. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 16(1), 57–78.

Sharp, W. C., Lellis, W. a, Butler, M. J., Herrnkind, W. F., Hunt, J. H., Pardeewoodring, M., and Matthews, T. R. (2000). The use of coded microwire tags in mark-recapture studies of juvenile Caribbean Spiny Lobster, *Panulirus argus*. *Journal of Crustacean Biology*, 20(3), 510–521.

Skurdal, J., Qvenild, T., and Taugbol, T. (1992). Mark-recapture experiments with noble crayfish, *Astacus astacus* L., in a Norwegian lake. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23(2), 227–233.

Smith, I. P., Jensen, A. C., Collins, K. J., and Matthey, E. L. (2001). Movement of wild European lobsters *Homarus gammarus* in natural habitat. *Marine Ecology Progress Series*, 222, 177–186. <https://doi.org/10.3354/meps222177>

Ulmestrand, M., and Eggert, H. (2001). Growth of Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus 1758), in the Skagerrak, estimated from tagging

experiments and length frequency data. *ICES Journal of Marine Science*, 58(6), 1326–1334. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1133>

Vega, Á. J., Mena, C., y Robles, Y. (2018). Pesca artesanal de *Cardisoma crassum* (Cangrejo) y *Ucides occidentalis* (Mangote) en el sector nororiental del Golfo de Montijo, Pacífico de Panamá. *Tecnociencia*, 20(2), 5–22.

Wenner, A. M. (1972). Sex ratio as a function of size in marine Crustacea. *The American Naturalist*, 106(949), 321–350.

Zambrano, R., y Olivares, S. (2020). Alometría y madurez sexual morfométrica de *Cardisoma crassum* (Decapoda: Gecarcinidae) en la costa continental norte de Ecuador. *Geomare Zoologica*, 2(2), 25–33.

MONITOREO DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AIRE EN EL EDIFICIO DE ENTOMOLOGÍA (PCMENT) DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

MONITORING OF MICROBIOLOGICAL AIR QUALITY IN THE ENTOMOLOGY BUILDING (PCMENT) OF THE UNIVERSITY OF PANAMA

Cecilio Puga Ramos

Universidad de Panamá, Departamento de Microbiología y Parasitología, Escuela de Biología, Panamá.

pugace@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5244-5253>

Enrique Medianero

Universidad de Panamá, Departamento de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Miembro del SNI-SENACYT. Panamá.

Enrique.medianero@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0002-8430-9034>

Stephanie C. Álvarez G

Universidad de Panamá, Departamnto de Microbiología de la Escuela de Biología. Panamá.

fefaalgo1998@gmail.com

Dalys M. Fernández L.

Universidad de Panamá, Departamnto de Microbiología de la Escuela de Biología. Panamá.

guada.moreno@outlook.es

Guadalupe Y. Gómez M

Universidad de Panamá, Departamnto de Microbiología de la Escuela de Biología. Panamá.

marialaras1097@gmail.com

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4058>

Recepción
07/03/2023

Aprobación
19/05//2023

Resumen

La calidad del aire en el interior de un edificio es función de una serie de parámetros que incluyen la calidad del aire exterior, la compartimentación, el diseño del sistema de aire acondicionado, las condiciones de funcionamiento, la presencia y magnitud de fuentes contaminantes. El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar la calidad del aire en el edificio de Entomología de la Universidad de Panamá, mediante la medición de la Biocarga microbiana (UFC/M³ hongos y bacterias), material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), compuestos volátiles totales, temperatura y humedad. Se empleó el equipo SAS DUO HEAD para el muestreo microbiano del aire y un aparato de calidad de aire Temptop para los parámetros fisicoquímicos de calidad del aire en los tres pisos que componen el Edificio. Durante el estudio se determinó que la Biocarga microbiana del edificio era mayor que la del exterior lo cual implicaba contaminación y posibles riesgos ocupacionales; se determinó variaciones estadísticamente significativas entre los pisos y el periodo de muestreo. Se encontraron niveles de TVOC y HCOH fuera del rango saludable. La contaminación de la calidad interior del aire pudo estar relacionada a la actividad de reparación/remodelación realizada en el área durante el periodo de estudio.

Palabras clave: Biocarga microbiana, compuestos volátiles totales, materia particulada (PM_{2.5}, PM₁₀), SAS DUO HEAD

Abstrac

The quality of the air inside a building is a function of a series of parameters that include the quality of the outside air, the compartmentation, the design of the air conditioning system, the operating conditions, the presence and magnitude of polluting sources. The objective of this research work was to evaluate the air quality in the Entomology building of the University of Panama, by measuring the microbial bioburden (UFC/M³ fungi and bacteria), particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), total volatile compounds, temperature and humidity. The SAS DUO HEAD equipment was used for microbial air sampling and a Temptop air quality device for the physicochemical parameters of air quality on the three floors that make up the Building. During the study it was determined that the microbial bioburden of the building was greater than that of the exterior, which implied contamination and possible occupational risks; statistically significant variations were determined between the floors and the

sampling period. TVOC and HCOH levels were found outside the healthy range. The contamination of the indoor air quality could be related to the repair/remodeling activity carried out in the area during the study period.

Keywords: Microbial bioburden, total volatile compounds, particulate matter (PM2.5, PM 10), SAS DUO HEAD

INTRODUCCIÓN

El tema de la calidad del aire en interiores (CAI) suele aplicarse a ambientes de interior no industriales: edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc.) y viviendas particulares. La calidad del aire en el interior de un edificio es función de una serie de parámetros que incluyen la calidad del aire exterior, la compartimentación, el diseño del sistema de aire acondicionado, las condiciones en que este sistema trabaja, la presencia de fuentes contaminantes y su magnitud (Nathanson, 1993).

La mala calidad de aire de interiores surge principalmente por condiciones inadecuadas de humedad, temperatura, circulación del aire y la presencia de contaminantes tanto químicos como biológicos (bacterias y hongos). Estos contaminantes provienen de las actividades que se desarrollan interna y externamente al edificio, de los materiales de construcción y tipo de mobiliario (Shelton et al., 2002; Hospodsky, 2012). El componente de contaminación por hongos y bacterias es uno de los más importantes determinantes de la CAI (OMS, 2009) y que contribuye al llamado Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) que incapacita a muchas personas en el mundo con síntomas tales como irritaciones de las mucosas (ojo, nariz, garganta), dolores de cabeza, alergias, somnolencia y fatiga mental (Burge, 1990; Kreiss, 1990).

Puesto que los microorganismos se transmiten como bioaerosoles en el aire, el monitoreo de bioaerosoles mediante muestreadores activos de aire constituye el estándar para determinar su nivel (Fradkin, 1987). La cantidad de bacterias y hongos se mide en términos de unidades formadoras de colonia por metro cúbico

(UFC/M³) y esto es lo que se conoce como la biocarga. La misma debe ser más baja en el interior comparada al exterior (Nathanson, 1993).

En la Universidad de Panamá se han presentado varios eventos que han comprometido la CAI, relacionados a la biocarga microbiana y que han puesto en riesgo la salud de profesores, administrativos y estudiantes. El 31 de julio de 2002 los edificios de Curundú (Domo, Campus Harmodio Arias Madrid) sufrieron una interrupción eléctrica que duró varias semanas, lo que aumentó la humedad y temperatura en ese ambiente cerrado. A la primera semana del corte eléctrico hubo hospitalización de funcionarios que se expusieron a ese ambiente. Puga et al. (2002) evaluaron la presencia de hongos en el aire interior identificando *Aspergillus* spp. y *Penicillium* como los contaminantes dominantes. En el 2005, se realizó el primer monitoreo de CAI en el edificio de Ciencias Biológicas (Puga y Cornejo, 2005) donde se evaluó el efecto de la aplicación de un desinfectante ambiental en el sistema de distribución de aire acondicionado. Esto a raíz de reportes de manchas de hongos en las paredes y eventos de alergias en los ocupantes. Antes de la aplicación del desinfectante ambiental se detectó un nivel de biocarga microbiana interior muy alto, así como también valores de humedad relativa mayores al 60% lo cual es una condición favorable para el crecimiento de hongos. Una semana después de la aplicación del desinfectante, se determinó que la biocarga microbiana del interior del edificio se había reducido significativamente respecto al exterior; es decir, lo ideal. En el 2007 (Puga y Cornejo, 2007) se realizó el segundo estudio de CAI en el edificio de Ciencias Biológicas. Nuevamente se encontraron signos visibles de crecimiento de mohos en paredes y en las ventanas del sistema de distribución de aire acondicionado. Este nuevo estudio reveló que la biocarga de hongos eran casi el doble de lo observado en el 2005. También se identificó la presencia del hongo *Cladosporium herbarum*, el cual es reportado como uno de los hongos alergénicos más importantes (Breitenbach y Nobbe, 2002).

En otros estudios de CAI realizados en la Universidad de Panamá también se midió exclusivamente la biocarga de hongos y bacterias. Pérez y Martínez (2002) utilizando un muestreador de aire Andersen con placas de Petrifilm, encontraron

niveles bajos de Biocarga microbiana en el aire interior del Edificio de Laboratorios Científicos de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Ávila (2009) utilizando un muestreador cout-tac de superficies determinó niveles altos de hongos en las paredes internas del edificio de la Escuela de Biología de la Universidad de Panamá. Documentó prevalencia de hongos dematiaceos, *Aspergillus* spp y *Fusarium* spp. González (2011) utilizando un muestreador de aire SAS100 evaluó la carga microbiana en 7 salones (incluyendo oficina de la dirección) de la Escuela de Biología y reportó niveles en el rango de no saludable. Documentó la prevalencia de los hongos contaminantes *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Fusarium* spp. El edificio de Biología se puede considerar como un edificio enfermo y que requiere intervención sanitaria.

Estos ejemplos demuestran la importancia del monitoreo rutinario de la calidad microbiológica del aire de interiores dando un punto inicial de referencia, de utilidad para la prevención y corrección de problemas de contaminación en ambientes cerrados. Sobre todo, señalan la necesidad de que éstos se ejecuten de manera rutinaria con la herramienta científica apropiada. Por esta razón, se propuso continuar el monitoreo microbiológico en el edificio de Entomología de la VIP ocupado por administrativos, profesores, investigadores y estudiantes. En esta ocasión se incorporó, además, una herramienta para evaluar componentes de contaminación química y de materia particulada.

METODOLOGÍA

Área de estudio

El edificio de Entomología alberga al Programa Centroamericano de Maestría en Entomología (PCMENT), inició actividades académicas en 1998, desde entonces ha formado profesionales de las ciencias entomológicas provenientes de países de Centro y Sur América. Es un edificio de tres pisos: 27 cubículos de trabajo, tres aulas de clases (teóricas, prácticas), un salón de cómputo, un espacio para la colección entomológica de referencia y dos laboratorios especializados de toxicología y fisiología, respectivamente. En el periodo del estudio, el edificio estaba bajo un proceso de remodelación gracias a un fondo de Infraestructura otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT).

Evaluación física del área de estudio

Se realizó una inspección física del área evaluando la presencia de manchas y humedad en las paredes, estado del cielo raso, ventilación, limpieza del piso y de muebles sin uso.

Trabajo de campo

La evaluación de la biocarga de bacterias y hongos se realizó mediante el muestreador de aire SAS-DUO HEAD 360, adquirido por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, asignado al Laboratorio de Biotecnología Microbiana. En este muestreador el aire absorbido es impactado sobre la superficie de medios de cultivos microbiológicos para la detección de hongos y bacterias viables en el aire. Se utilizó PDA (agar papa dextrosa), para cultivo y conteo de hongos; PCA (agar de recuento en placa) para cultivo y conteo de bacterias. Se tomaron dos muestras replicadas de aire de 100L en cada una de 2 posiciones equidistantes de cada piso para un total de 800L/piso. A su vez, se tomaron 4 muestras en la entrada del edificio como control externo. Simultáneamente se empleó el Temtop LKC para evaluar los parámetros fisicoquímicos: formaldehído (HCHO), compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC), conteo de partículas PM 2.5 y 10, temperatura y humedad.

Trabajo de laboratorio

Una vez realizado el muestreo de aire sobre la superficie de los platos de cultivo, los platos para hongos fueron incubados por 3 días a 28°C y los de bacterias a 37°C por 2 días.

Se procedió a los conteos de colonias primero a las 48 horas y luego a las 72 horas, los conteos fueron corregidos de acuerdo con el cuadro estadístico para este propósito y se calculó el número de microorganismos por m³ de aire según instrucciones del fabricante (Manual Operativo del SAS-DUO).

Los hongos fueron identificados a nivel de género mediante microscopía y empleo de claves de referencia (Larone, 1995); las bacterias solo fueron contadas.

Análisis estadístico

Se empleó estadística descriptiva para resumir las variables y poder visualizar los datos cuantitativamente. Para comparar la presencia de microorganismos (bacterias y hongos) en el edificio, se utilizó un ANOVA con arreglo factorial. Para evaluar la asociación entre las variables físicas (humedad y temperatura) con respecto a la presencia de los microorganismos, se realizó un análisis de correlación de Pearson. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante Excel y STATISTICA 7. Las variables independientes en este experimento fueron: pasillos y pisos; las variables dependientes fueron bacterias, hongos, % humedad, temperatura, compuestos volátiles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación física del área

El área de estudio se encontró en una situación de remodelación solo en la planta baja durante las semanas de muestreo. Este piso fue el más transitado y cuenta con reservados donde se almacenan muestras de insectos en cajas entomológicas.

Los pisos, paredes y techos de los niveles 1 y 2 presentaban signos de humedad, pintura desprendida polvo, ductos de ventilación sucios, cielo raso manchado con

signos de crecimiento de hongos.

Identificación de principales géneros de hongos

De 260 muestras seleccionadas, se identificó con mayor frecuencia *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp., y en menor frecuencia *Rhizopus* spp. y *Fusarium* spp. Interesantemente, *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. se presentaron en los 3 pisos mientras que *Rhizopus* spp. y *Fusarium* spp solo en los pisos 1 y 2. *Aspergillus* y *Penicillium* no solo son los contaminantes fúngicos más abundantes en interiores sino también a los que se asocia con alergias y otros trastornos respiratorios (Guarro, 2012; Simmon-Nobbe *et al.* 2008)

Determinación de la biocarga de hongos y bacterias en los pisos del edificio

Uno de los principales resultados fue la determinación de mayor biocarga de hongos y bacterias en el interior respecto al exterior (Cuadro 1). Posiblemente esto se debe a que en el exterior se mantiene un flujo de aire constante, mientras que en el interior se tenía un sistema deficiente de ventilación, poco mantenimiento y acumulación de superficies en mal estado (mesas con humedad, cielo raso en mal estado, paredes con pinturas de mala calidad).

Tabla 1.
Promedios de UFC en el interior y en el exterior.

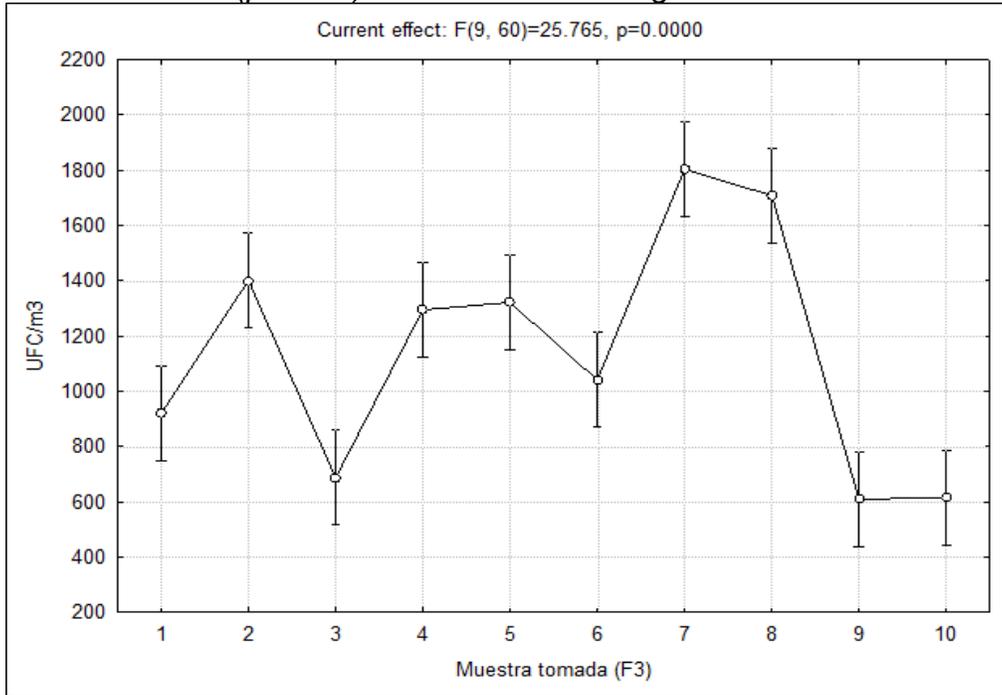
Promedio UFC Interior Semana 1			Promedio UFC Exterior Semana 1	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1972.5	171.2	505	315
2	916.2	95		
3	592.5	151.2		
Promedio UFC Interior Semana 2			Promedio UFC Exterior Semana 2	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1276.2	120	1235	137.5
2	895	38.7		
3	802.5	57.5		
Promedio UFC Interior Semana 3			Promedio UFC Exterior Semana 3	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	1397.5	301	302	155
2	1632.5	95		
3	515.4	98.7		
Promedio UFC Interior Semana 4			Promedio UFC Exterior Semana 4	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	2601	162.5	1800	62.5
2	945	113.7		
3	1806.2	75		
Promedio UFC Interior Semana 5			Promedio UFC Exterior Semana 5	
Pisos	Hongos	Bacterias	Hongos	Bacterias
1	728.7	351.2	530	180
2	510	271.2		
3	600	212.5		

Para hongos comunes (no patógenos) no se ha establecido un valor universal de riesgo (Hayleeyesus y Manaye, 2014); se establecen valores que indican contaminación y por ende posibles riesgos a la salud. La asociación de Calidad de Aire de Interiores establece un nivel de 300 UFC/m³ mientras que la OSHA establece 1000 UFC/m³ (OSHA, 1994; IAQA 1996). Sin embargo, estudios en edificios escolares mostraron una relación positiva entre la exposición a propágulos de hongos a concentraciones de 260 a 1297 CFU/M³ y afecciones respiratorias en los estudiantes (Sadrizadeh *et al.*, 2022). También se ha reportado correlación entre humedad, presencia de hongos y un aumento en 30-50% en afectaciones respiratorias (Fisk *et al.*, 2007). Bajo cualquiera de estos criterios el nivel de hongos

encontrado en el presente estudio estuvo fuera de rango y pudo presentar un riesgo para la salud de los ocupantes del edificio. La contaminación por hongos en espacios interiores es tan generalizada que algunos autores como Cabral (2010) plantean que éstos pueden ser considerados como bioindicadores de contaminación de interiores.

Evaluamos dos componentes de contaminación microbiológica: hongos y bacterias. Los **resultados para hongos** muestran que existen diferencias estadísticamente significativas ($F= 73.751$, $p= 0.0000$, $gl= 2$) respecto a la biocarga por piso, lo cual se puede apreciar en la Fig. 2, Cuadro 2 y Cuadro 3. La biocarga de hongos fue significativamente mayor en la planta baja (PB) que en los pisos superiores. La planta baja es el punto de entrada al edificio que está en constante intercambio con el exterior por el ingreso de personas en el transcurso del día. También se detectaron variaciones estadísticamente significativas ($F=25.765$, $p=0.0000$, $gl: 9$) en la Biocarga por periodos de muestreos (Figura 1, Cuadro 2). En la Fig. 1 se observa que en las semanas 7 y 8 se presentan los valores más altos en la biocarga y lo cual pudo estar relacionado con la intensidad de los trabajos de mantenimiento/ reparación en el área. Por otro lado, al finalizar estos trabajos y con la disminución de bioaerosoles en el aire durante las semanas 9 y 10 se presentó la Biocarga más baja.

Figura 1.
Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m3 de hongos.



Puntos de muestreo (PB, P1, P2) F2: subsitios (A y B) F3: número de muestreos

Figura 2.
Muestras tomadas Vs. UFC/m³ de hongos.

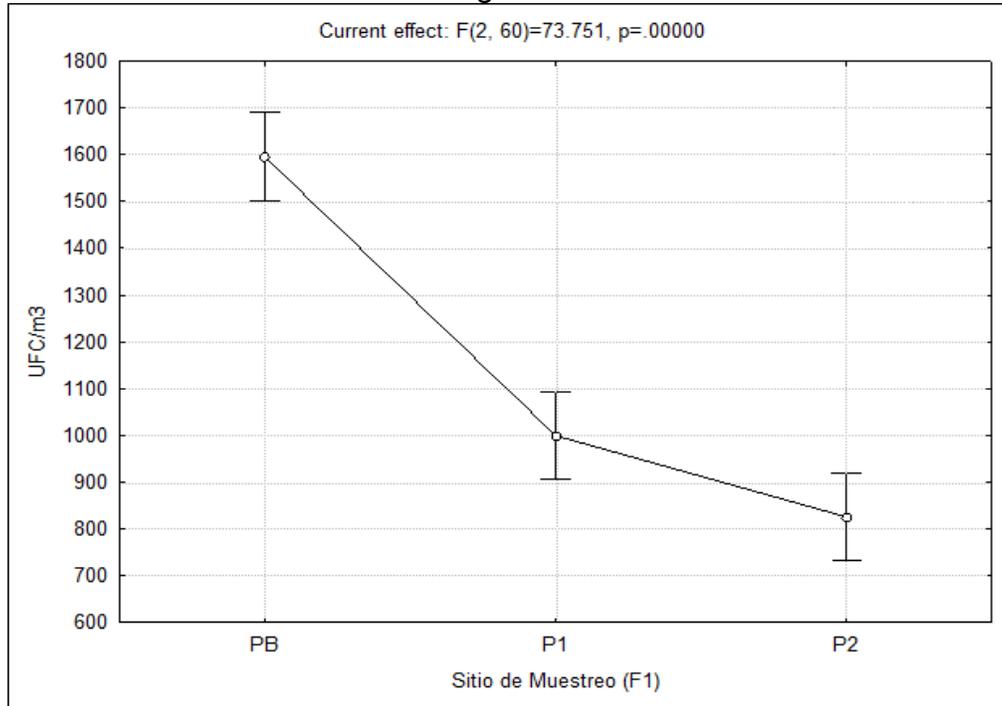


Tabla 2.
Prueba univariada de significancia para UFC/m³ de hongos.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	156050055	1	156050055	1768.037	0.000000
"F1"	13018846	2	6509423	73.751	0.000000
"F2"	51377	1	51377	0.582	0.448479
"F3"	20466442	9	2274049	25.765	0.000000
"F1"*"F2"	74248	2	37124	0.421	0.658566
"F1"*"F3"	29962404	18	1664578	18.860	0.000000
"F2"*"F3"	5075593	9	563955	6.390	0.000003
"F1"*"F2"*"F3"	5975339	18	331963	3.761	0.000056
Error	5295704	60	88262		

Tabla 3.
Post comparación de medias para UFC/m³ de hongos.

	F1	{1}	{2}	{3}
		1595.2	999.75	826.07
1	PB		0.000117	0.000117
2	P1	0.000117		0.030034
3	P2	0.000117	0.030034	

Respecto al nivel de UFC/m³ por periodos de muestreo, se puede apreciar que en las semanas 2, 4, 5, 6, 7 y 8 la Biocarga de hongos sobrepasa las 1000 UFC/m³.

Los resultados para bacterias son similares y siguen el mismo patrón que los obtenidos para hongos; se presentan variaciones estadísticamente significativas en la Biocarga por piso (F= 28.8265, p= 0.0000, gl=2) y por periodo de muestreo (F= 15.4229, p= 0.0000, gl= 9); ver Figuras 3 y 4; Cuadros 5 y 6. Sobresalen las siguientes diferencias:

1. En el nivel de biocarga de hongos, la escala de medición es de 200 a 2000 UFC/m³; mientras que, en bacterias, la escala es de 60 a 350 UFC/m³. Es decir, que hubo más hongos que bacterias en el periodo de estudio. Esto es muy contrastante con lo reportado por Hayleeyesus y Manaye (2014) quienes reportaron concentraciones similares de hongos y bacterias en el aire interno de 8 biblioteca universitarias.
2. En los muestreos 9 y 10, la carga de UFC/m³ para los hongos fue la más baja, mientras que, para las bacterias, los resultados fueron los más altos. En este periodo de finalización de las reparaciones, también el nivel exterior de bacteria tuvo su valor mayor (Cuadro 1); como la fuente más importante de bacteria en los edificios es el flujo personas (Hayleeyesus y Manaye, 2014), su aumento se puede explicar en función del ingreso de personas y también por el flujo de aire hacia el interior con la apertura del edificio.

Figura 3.
Sitio de muestreo F1 (pasillos) Vs. UFC/m3 de bacterias.

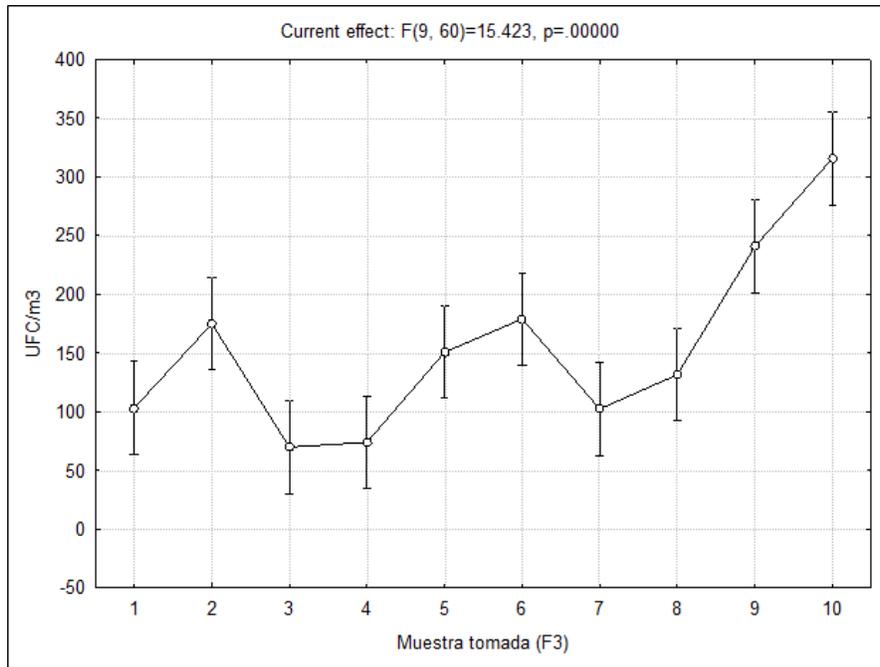


Figura 4.
Muestras tomadas Vs. UFC/m3 de bacterias.

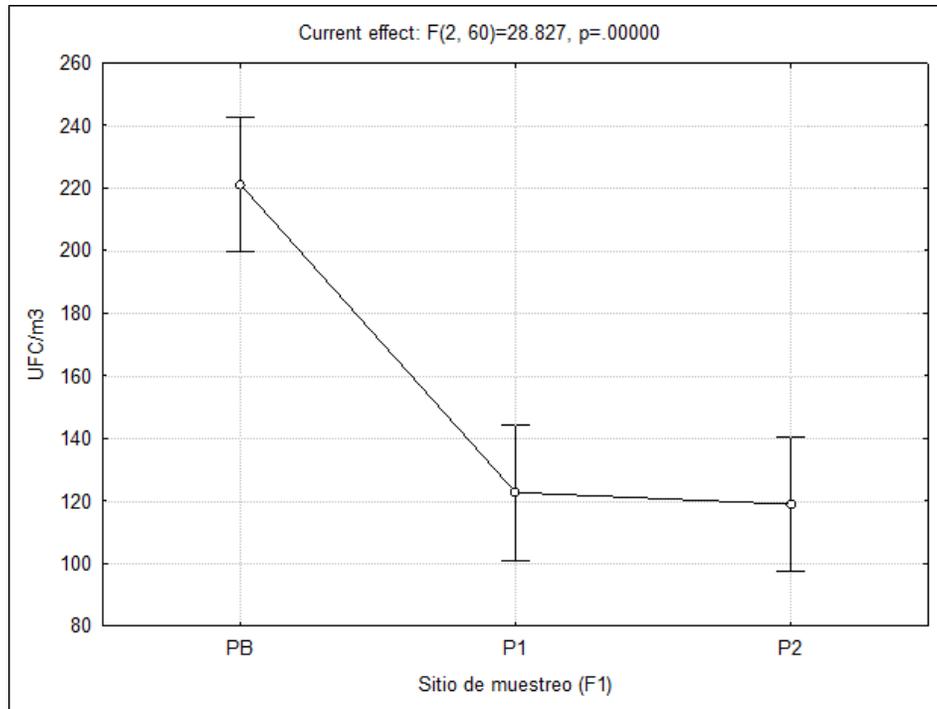


Tabla 5.
Prueba univariada de significancia para UFC/m3 de bacterias.

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2858253	1	2858253	612.7017	0.000000
"F1"	268952	2	134476	28.8265	0.000000
"F2"	18750	1	18750	4.0193	0.049501
"F3"	647530	9	71948	15.4229	0.000000
"F1"*"F2"	6795	2	3398	0.7283	0.486949
"F1"*"F3"	282765	18	15709	3.3675	0.000210
"F2"*"F3"	126400	9	14044	3.0106	0.004972
"F1"*"F2"*"F3"	195455	18	10859	2.3277	0.007653
Error	279900	60	4665		

Tabla 6.

Post comparación de medias para UFC/m3 de bacterias.

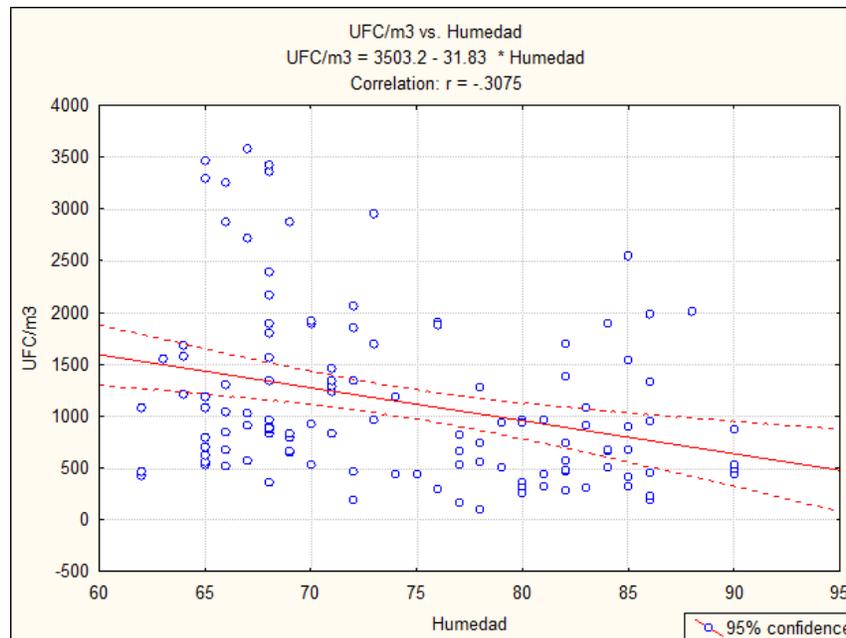
	F1	{1} 221.25	{2} 122.75	{3} 119.00
1	PB		0.000117	0.000117
2	P1	0.000117		0.967411
3	P2	0.000117	0.967411	

Relación entre temperatura y humedad con la Biocarga.

El trabajo experimental con microorganismos ha de tener en cuenta los factores ambientales, es decir, una serie de agentes físicos y químicos que modifican la velocidad de crecimiento. Tanto la temperatura como la humedad afectan el crecimiento, su capacidad de reproducción y presencia de estos microorganismos (Frankel *et al.* 2012). Enfocamos en determinar si existía algún tipo de correlación demostrable entre los parámetros ambientales antes señalados y la biocarga UFC/m³ de hongos o bacterias en el edificio.

Figura 5.

Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m3 de hongos.



Al comparar las UFC/m³ de **hongos** con los distintos parámetros ambientales (Figura 5; Cuadros 7 y 8), el análisis de regresión múltiple indica una relación lineal entre las variables biocarga de hongos y humedad ($F= 2.488684$, $gl= 7$, $r= -0.3075$). La correlación es altamente significativa ($p= 0.020566$). Este resultado concuerda con un estudio realizado en Brasil (Johansson *et al.*, 2014) donde se demuestra que el crecimiento fúngico está relacionado tanto a los componentes de los materiales estructurales como a las condiciones ambientales.

Tabla 7.

Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m3 de hongos.

	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	10757688	7	1536813	2.488684	0.020566
Residual	69162265	112	617520		
Total	79919954				

Tabla 8.
Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m³ de hongos.

	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (112)	p-level
Intercept			2662.010	1424.382	1.86889	0.064251
PM 2.5	-0.056357	0.088361	-0.004	0.006	-0.63780	0.524906
PM 10	-0.101618	0.089599	-0.006	0.005	-1.13414	0.259158
Total part.	-0.061835	0.092796	-0.068	0.102	-0.66636	0.506550
HCHO	-0.089179	0.090513	-0.004	0.004	-0.98527	0.326616
TVOC	-0.060354	0.088826	-0.003	0.004	-0.67946	0.498245
Temp.	0.097200	0.090316	51.385	47.746	1.07623	0.284139
Humedad	-0.280466	0.091502	-29.035	9.473	-3.06515	0.002727

Por otra parte, cuando se trata de las UFC/m³ de **bacterias** (Gráfica 6; Cuadros 9 y 10), el análisis de regresión indica una relación lineal entre las variables ($F=2.559127$, $gl= 7$, $r= -.2305$). Siendo en esta oportunidad la temperatura la variable que resulta significativa en el modelo. La correlación entre la biocarga de bacterias y la **temperatura** es altamente significativa ($p=0.017515$).

Figura 6.
Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m3 de bacterias.

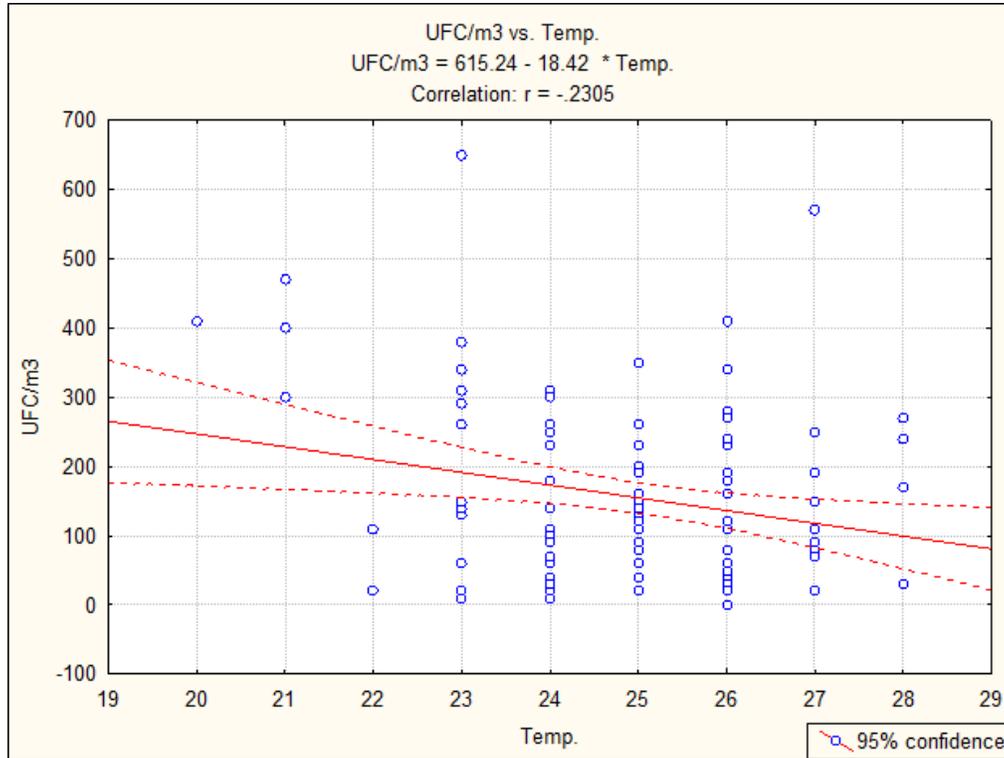


Tabla 9.
Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m3 de bacterias.

	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	251863	7	35980.49	2.559127	0.017515
Residual	1574683	112	14059.67		
Total	1826547				

Tabla 10.
Regresión múltiple de variables ambientales Vs. UFC/m3 de bacterias.

	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t (112)	p-level
Intercept			789.4713	214.9257	3.67323	0.000369
PM 2.5	0.060201	0.088193	0.0006	0.0009	0.68260	0.496269
PM 10	-0.048014	0.089429	-0.0004	0.0008	-0.53690	0.592402
Total part.	0.162934	0.092619	0.0270	0.0154	1.75918	0.081278
HCHO	0.016064	0.090341	0.0001	0.0007	0.17782	0.859188
TVOC	-0.160124	0.088657	-0.0012	0.0007	-1.80610	0.073588
Temp.	-0.219478	0.090144	-17.5408	7.2043	-2.43475	0.016481
Humedad	-0.175327	0.091328	-2.7440	1.4293	-1.91975	0.057433

Medición de contaminantes químicos HCHO, TVOC y materia particulada.

Los compuestos volátiles orgánicos totales (TVOC) son agentes químicos de contaminación considerados peligrosos para la salud humana. El formaldehído (HCHO) es uno de estos compuestos volátiles que es irritantes al sistema respiratorio y considerado carcinogénico en seres humanos (Pollution, 1989).

Los compuestos TCOV y el HCOH proceden de fuentes muy diversas. Los procesos biológicos pueden ser una fuente en el aire exterior, por ejemplo, procesos en el metabolismo de plantas o procesos de descomposición y degradación. Otras

fuentes en el aire exterior incluyen procesos técnicos en los que se generan sustancias debido a combustiones incompletas (especialmente emisiones de vehículos) o como subproductos volátiles de procesos industriales o comerciales.

En los espacios interiores las fuentes de estos contaminantes comprenden los materiales y productos para la construcción de edificios, techos, pinturas, barnices, pegamentos y materiales de decoración, etc. (Junfeng y Smith, 2003).

Se obtuvieron mediciones de TVOC y HCHO en tiempo real dentro y fuera del edificio (Cuadro 11). Las mediciones están en unidades de mg/m^3 . Para HCHO valores >0.1 y de TVOC, valores $>$ de $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ se consideran NO saludables. Se detectaron niveles puntuales de HCHO y TVOC fuera del rango saludable a lo largo del estudio, pero sobre todo en el piso 1, la primera y cuarta semana donde se registraron los valores máximos. Todo esto es atribuible al uso de los materiales (pinturas, solventes, etc.) empleados en el mantenimiento.

Tabla 11.

Piso/ semana	HCHO					TVCO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1.32	4.42	0.94	2.79	0.49	4.77	3.65	3.27	5	1.42
	5	0.05	3.46	0.02	1.67	5	0.20	5	0.09	1.67
2	0.02	0.03	0.02	0.02	0.91	0.08	0.14	0.08	0.04	3.66
	0.02	0.56	0.08	3.14	0.03	0.08	1.74	0.40	5	0.45
3	5	0.01	0.30	0.05	0.01	5	0.08	0.50	0.25	0.04
	0.02	0.88	0.07	5	0.02	0.08	3.02	0.32	5	0.08
Exterior	0.02	0.04	0.01	0.03	0.01	0.08	0.08	0.06	0.14	0.06

Niveles máximos de HCHO y TVOC (mg/m^3)

En relación con la materia particulada a lo interno del edificio, no se registraron valores de PM_{2.5} o PM₁₀ por encima exterior durante el estudio; estos valores estuvieron en el nivel considerado saludable (PM_{2.5} < 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; PM₁₀ < 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Este estudio es innovador al incluir la medición de los parámetros fisicoquímicos pues documenta el componente químico de contaminación y de parámetros que influyen en la propagación de microorganismos; altos porcentajes de humedad propician el crecimiento de los hongos mientras que las altas temperaturas favorecen el crecimiento de bacterias. Es por ello que, la medición de los parámetros

fisicoquímicos resultó en una evaluación más completa de la calidad del aire en el interior del Edificio de Entomología.

CONCLUSIONES

- Se determinó la biocarga de hongos y bacterias en los pisos que componen el Edificio de Entomología y en el exterior durante un periodo de remodelación. A partir de esto, se concluye:
 - Hubo diferencias significativas entre la biocarga de hongos y bacterias de los tres pisos.
 - La biocarga de hongos y bacterias en los tres pisos del edificio fue muy alta.
 - La biocarga de hongos y bacterias en el interior fue mayor respecto al exterior.
- Debido al monitoreo simultáneo durante cinco semanas de los parámetros de temperatura, humedad, partículas respirables y compuestos volátiles en los tres pisos que componen el edificio de Entomología, se concluye:
 - Se determinó una correlación altamente significativa entre la biocarga de **hongos** y el parámetro de **humedad**.
 - Se determinó una correlación altamente significativa entre la biocarga de **bacterias** y el parámetro de **temperatura**.
- Se detectaron niveles de TVOC y HCOH fuera del rango saludable.
- Los valores de PM 2.5 y 10, se mantuvieron dentro del rango moderado e inferiores respecto a los niveles del exterior.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. José Loaiza por brindarnos acceso al Edificio **PCMENT** para la realización de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, E. (2009). *Cuantificación de Hongos en las paredes internas del Edificio de la Escuela de Biología de la Universidad de Panamá*. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad de Panamá, Panamá. 58 pp.
- Breitenbach, M. y Nobbe, S. (2002). *The Allergens of Cladosporium herbarum and Alternaria alternate*. In Breitenbach. M., Cramer, R., Lehrer, S. (eds): Fungal Allergy and Pathogenicity. Chem Immunol. Basel, Karger. Vol. 81, pp. 48-72.
- Burge, H. (1990). *Risks Associated with Indoor Infectious Aerosols, Toxicology and Industrial Health*. Vol. 6, pp. 263-73.
- Cabral, J. (2010). *Can we use indoor fungi as bioindicators of indoor air quality? Historical perspectives and open questions*. Science of the total environment. Vol. 408(20), pp. 4285-4295.
- Fradkin, A. (1987). *Sampling of Microbiological Contaminants in Indoor Air*. In STP957-EB Sampling, pp. 66-67.
- Fisk, W.J., Lei-Gomez, Q. y Mendell, M.J.(2007). Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes. Indoor Air. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2007.00475.x>
- González, A.I. (2011). *Evaluación de la calidad microbiológica del aire en el edificio de la escuela de biología de la Universidad de Panamá*. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad de Panamá, Panamá. 46 pp.
- Guarro, J. (2012). Taxonomía y biología de los hongos causantes de infección en humanos, Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Volume 30, Issue 1, Pages 33-39
- Johansson, P., Ekstrand, A. y Bok, G. (2014). *An innovative test method for evaluating the critical moisture level for mould growth on building materials*. Building and Environment. Vol. 81: pp. 404-409.
- Hauptmann, M., Lubin, J., Stewart, P., y Hayes, R. (2003). *Mortality from lymphohematopoietic malignancies among workers in formaldehyde industries*. Journal of the National Cancer Institute. Vol. 95(21): pp. 1615-1623.
- Hayleeyesus, S.F. y Manaye, A.M. Microbiological quality of indoor air in university libraries. Asian Pac J Trop Biomed. 2014 May;4(Suppl 1):S312-7. [https://doi:](https://doi.org/)

- 10.12980/APJTB.4.2014C807. PMID: 25183103; PMCID: PMC4025286.
Hospodsky, D., Qian, J., Nazaroff, W. W., Yamamoto, N., Bibby, K., Rismani-Yazdi, H. y Peccia, J. (2012). Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. *PloS one*, 7(4), e34867.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034867>
- Junfeng, J., Zhang, K. y Smith, R. (2003). Indoor air pollution: a global health concern, *British Medical Bulletin*, Volume 68, Issue 1, December 2003, Pages 209–225, <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg029>
- Kreiss, K. (1990). *The Sick Building Syndrome: Where is the Epidemiological Basis*. American Journal of Public Health. Vol. 80: pp. 1172-73.
- Larone, D. H., y Larone, D. H. (1987). *Medically important fungi: a guide to identification* (Vol. 196, p. 203). New York: Elsevier.
- Nathanson, T. (1993). *Indoor Air Quality in Office Buildings: A Technical Guide*. Ottawa: Health Canada. 57 pags.
<https://publications.gc.ca/collections/Collection/H46-2-93-166Erev.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Directrices de la OMS para la calidad del aire interior: humedad y moho*. Oficina Regional para Europa. Organización Mundial de la Salud, 228. Obtenido de Organización Mundial de la Salud: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/164348/9789289041683-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- OSHA (1994) “Indoor air quality-proposed rule” notice of proposed rulemaking** Fed. Regist., 59 (65) (1994), pp. 15968-16039
- IAQA, (1995). Indoor Air Quality Association Inc. Indoor Air Quality Standard #95-1 Recommended for Florida**. Indoor Air Quality Association, Inc., Longwood, Florida, USA.
- Pérez, J. y Martínez, I. (2002). *Uso de tecnología microbiológica Petrifilm 3M acoplado al muestreador de aire Andersen para la rápida detección de contaminantes biológicos del aire*. Tesis de licenciatura en Biología, Universidad de Panamá, Panamá. 77 pp.
- Pollution, I. A. (1989). *Report to Congress on Indoor Air Quality, 2*. EPA/400/1. Volume II. Assessment and Control of Indoor Air Pollution.
- Puga, C., Cornejo, M., Cornejo, H. y Mejía, F. (2002). *Resultados de Muestreo Microbiológico de Aire en Edificio Principal y Facultad de Bellas Artes del Campus Harmodio Arias Madrid*. Datos no publicados; informe entregado a las autoridades universitarias.

- Puga, C., y Cornejo, M. (2005). *Monitoreo de Bioaerosoles en el Edificio de Investigaciones Biológicas*. Datos no publicados; *Reporte de Investigación entregado a Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá*.
- Puga, C. y Cornejo, H. (2007).. *Monitoreo de Bioaerosoles en el Edificio de Investigaciones Biológicas*. Datos no publicados; *Reporte de Investigación entregado a Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá*.
- Sadrizadeh, S., Yao, R., Yuan, F., Awbi, H., Bahnfleth, W., Bi, Y., Cao, G., Croitoru, C., de Dear, R., Haghghat, F., Kumar, P., Malayeri, M., Nasiri, F., Ruud, M., Sadeghian, P., Wargocki, P., Xiong, J., Yu, W. y Li, B. (2022). Indoor air quality and health in schools: A critical review for developing the roadmap for the future school environment. *Journal of Building Engineering*, 57, [104908]. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104908>
- Shelton, B., Kirkland, K., Flanders, D. y Morris, G. (2002). *Profiles of Airborne Fungi in Buildings and Outdoor Environments in the United States*. *Appl. Envir. Microbiol.* Vol. 68: pp. 1743-1753.
- Simon-Nobbe, B., Denk, U., Pöll, V., Rid, R. y Breitenbach, M. (2008). The Spectrum of Fungal Allergy. *Int Arch Allergy Immunol* 2008;145:58-86. [https://doi: 10.1159/000107578](https://doi.org/10.1159/000107578)
- U.S. EPA. (2021). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Obtenido de: <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>

**PERCEPCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA MEDIANTE
EL USO DEL SIMULADOR DE RED EN LAS COMPETENCIAS
TÉCNICAS DE LOS ALUMNOS DEL CURSO DE
TELEINFORMÁTICA DE LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

**PERCEPTION OF THE TEACHING STRATEGY THROUGH THE USE
OF THE NETWORK SIMULATOR IN THE TECHNICAL
COMPETENCIES OF THE STUDENTS OF THE TELEINFORMATIC
COURSE AT THE UNIVERSITY OF PANAMA**

Gloris Batista-Mendoza

Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación.

Sistema Nacional de Investigación Panamá. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-3294-6170>

Correo: gloris.batista@up.ac.pa,

Edwin Juvenal Cedeño Herrera

Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación.

Sistema Nacional de Investigación Panamá. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-5841-2759>

Correo: edwin.cedenoh@up.ac.pa, *Correspondencia

Gloris Cedeño-Batista

Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación.

Sistema Nacional de Investigación Panamá. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0003-2533-0252>

Correo: gloris.cedeno@up.ac.pa

Raúl Dutari Dutari

Universidad de Panamá, Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación.

Sistema Nacional de Investigación Panamá. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-7954-5999>

Correo: raul.dutari@up.ac.pa

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4059>

Recepción

09-05-2023

Aprobación

15-06-2023

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo conocer la percepción sobre la estrategia de enseñanza con el uso de simulador de red en las competencias técnicas de los alumnos del curso de Teleinformática en modalidad virtual de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021. El estudio se realizó con un enfoque cuantitativo, de tipo experimental, con una connotación de un diseño preexperimental con diseño de un solo grupo, prospectivo, de corte transversal, analítico; el nivel de investigación es aplicativo con una muestra no probabilística conformada por los 26 alumnos matriculados del curso de Teleinformática II a los cuales se les aplicó la técnica de tipo encuesta con un cuestionario con preguntas cerradas en formato digital. El análisis descriptivo de los resultados se realizó por medio del análisis de la distribución de frecuencia con estadísticas, tablas, gráfica de las variables sujetas de estudio con sus medidas de tendencia central. La recomendación final es instituir las bases para integrar el simulador de red en la realización de casos de estudio dentro de las horas de práctica de laboratorio indistintamente de la modalidad impartida del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática y en talleres extracurriculares de carreras afines.

Palabras clave. *competencias técnicas, simulador de red, enseñanza virtual, estrategia de enseñanza aprendizaje, modalidad virtual.*

Abstract

This research aims to know the perception of the teaching strategy with the use of a network simulator in the technical skills of the students of the Teleinformatics course in virtual modality of the Computer Engineering career of the Faculty of Computer Science, Electronics and Communication. from the University of Panama, 2021. The study was carried out with a quantitative, experimental approach, with a connotation of a pre-experimental design with a single group, prospective, cross-sectional, analytical design; The research level is applicative with a non-probabilistic sample made up of the 26 students enrolled in the Teleinformatics II course to whom the survey-type technique was applied with a questionnaire with closed questions in digital format. The descriptive analysis of the results was carried out by means of the analysis of the frequency distribution with statistics, tables, graphs of the variables subject to study with their measures of central tendency. The final recommendation is to establish the bases to integrate the network simulator in the realization of study cases within the

hours of laboratory practice, regardless of the modality taught in the Teleinformatics course of the Computer Engineering career and in extracurricular career workshops. related.

Keywords. technical skills, network simulator, virtual teaching, teaching-learning strategy, virtual modality.

Introducción

En la actualidad, la sociedad está experimentando una época de cambios constantes y vertiginosos debido a la rápida evolución de la tecnología. Es esencial contar con expertos en informática, en áreas específicas como las redes de computadoras, la inteligencia artificial, la computación en la nube y el internet de las cosas, para satisfacer las necesidades crecientes de la humanidad en cuanto a la innovación tecnológica se refiere. La continua actualización de conocimientos en estos sectores garantiza el éxito en el campo de la informática en la era digital actual.

Es por ello, que las instituciones de educación superior que ofertan carreras de informática y afines, evolucionen al ritmo actual y se adapten a los nuevos desafíos, como se afirma en el artículo de Moreno-Vallejo et al. (2019) cuando enfatiza que las instituciones de educación superior deberían estar a la vanguardia del desarrollo o uso de las nuevas tecnologías educativas, implicando el uso de software especializado y permitiendo que se dé, el proceso enseñanza-aprendizaje de forma fluida; por consiguiente, Trueba-Ruiz (2012) en su escrito destaca que dentro de los programas analíticos existen asignaturas específicas en las que los laboratorios convencionales no son idóneos para desarrollar determinadas competencias generales y particulares en los alumnos. Asimismo, Garizurieta Bernabe et al. (2018) argumentan que lo que realmente sucede es que el alumno universitario carece de los espacios, tiempo y recursos necesarios para gestionar sus prácticas profesionales de forma tal que les nutra de oportunidades y experiencias propicias para alcanzar estas expectativas.

Otro aspecto que es importante y así lo destaca (Contreras-Gelves y Carreño-Moreno, 2012) cuando afirma que se requiere de una transformación en la práctica docente, especialmente en las actividades realizadas en el salón de clases, igualmente, que es prioritario que se analicen y estudien las nuevas tecnologías para usarlas como recurso didáctico. También, (Sarmiento, 2019) en su tesis, propone que es necesario, cambios de comportamiento en los docentes, lo que contribuiría a minimizar fallas en el alumnado relacionadas a las habilidades técnicas y apropiación de conceptos en áreas específicas.

La Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá cuenta en su oferta académica con la carrera de Ingeniería en Informática y dentro de su plan de estudio, la asignatura de Teleinformática II, la misma tiene una intensidad semestral de 48 horas teóricas y 32 horas de práctica de laboratorio.

De acuerdo con las observaciones realizadas por los investigadores, al momento de recolectar los datos para el estudio, la institución para el desarrollo de las horas de práctica cuenta con laboratorios convencionales. Estos laboratorios no son apropiados para desarrollar los distintos talleres, ya que carecen del equipamiento especializado en redes de computadora tales como: enrutadores, conmutadores, armarios de comunicaciones por mencionar algunos, y que faciliten al alumnado adquirir determinadas competencias técnicas.

Aunado a esta situación, desde el 12 de marzo del 2020, la institución se vio en la urgencia de dictar las clases en modalidad virtual como alternativa a la suspensión de las clases presenciales (Universidad de Panamá, 2020), debido a la declaración de pandemia a nivel mundial por la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2020), por lo que los docentes se vieron en la inmediatez de adaptar sus planes curriculares a dicha modalidad, esto trajo consigo la incorporación de medios digitales alternativos que permitieran la continuidad de las clases teóricas y mecanismos auxiliares para sustituir los talleres prácticos, del cual surge la iniciativa

de la utilización de simuladores de red como opción alternativa.

Del resultado del panorama presentado y de la necesidad urgente de formar futuros expertos que enfrenten el campo laboral, surge el objetivo de la investigación, el cual es analizar la percepción de la estrategia de enseñanza mediante el uso del simulador de red, en las competencias técnicas de los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021.

Los antecedentes de esta investigación se enfocan en los estudios previos relacionados con el uso de simuladores en la enseñanza y aprendizaje en diversas áreas del conocimiento, específicamente en la enseñanza virtual de redes de computadoras mediante simuladores de red. La secuencia de dichos trabajos va de lo general a lo específico. En principio se describen investigaciones orientadas con simuladores en diversas áreas del saber, finalmente se describen los trabajos relacionados con la enseñanza virtual de redes de computadores mediante simuladores de red.

1. Simuladores en contextos generales del conocimiento

La investigación titulada “*el simulador como herramienta de aprendizaje en las enseñanzas náuticas*”, intenta demostrar el beneficio del uso de estas herramientas dependiendo de los objetivos de enseñanza y que la realidad virtual es un recurso didáctico que dota al alumnado de pensamientos prácticos, generando capacidades de análisis, evaluando distintos escenarios, desarrollando metodologías y reduciendo errores en la toma de decisiones. Los resultados confirman que los estudiantes universitarios se sienten cómodos con el uso de la tecnología, y que las computadoras tienen un rol determinante y es un instrumento de trabajo y base para la experiencia. Además, que el uso de los simuladores, permitieron reproducir situaciones reales y resolver problemas técnicos que todo

futuro profesional debe ser capaz de afrontar. (Trueba-Ruiz, 2012)

La investigación “**simuladores de negocios como herramienta de enseñanza-aprendizaje en la educación superior**” plantea analizar los resultados del estudio a una sección de la Facultad de Contaduría y Administración, región Xalapa, de la Universidad Veracruzana.

El tipo de metodología que se empleó fue descriptiva transversal y buscó determinar el logro del conocimiento significativo a partir de una aplicación, autoevaluación de las temáticas abordadas y evaluación final por parte del docente. Se concluyó que los simuladores son un método singular para concebir un entorno didáctico real, debido a que favorece una visión completa de los saberes teóricos con base en las relaciones dinámicas del mercado surgidas en la gestión empresarial; permitiendo de esta manera al alumnado experimentar distintos escenarios, aplicar sus conocimientos y técnicas, y agregando valor al hecho pedagógico. (Garizurieta Bernabe et al., 2018)

En el trabajo de investigación denominado “**development of an easy-to-use multi-agent platform for teaching mobile robotics**”, se plantea el uso de simuladores de robots para la enseñanza ingeniería de control, debido al sin número de detalles de software y hardware que deben ser considerados antes de aplicar control a los robots reales. La plataforma ofrece la oportunidad de realizar prácticas de laboratorio para probar muchas estrategias de control diferentes, dentro de un entorno real experimental de múltiples agentes. También presenta una metodología para usar la plataforma en las clases de laboratorio. (Farias et al., 2019)

En el ámbito de la arquitectura de computadoras, existen trabajos de investigación como: “**robotics vs. game-console-based platforms to learn computer architecture**”, en donde se analiza el enfoque de juegos de consola y otro enfoque basado en robótica, ambos se abordan desde las dimensiones:

motivación del estudiante, adquisición de conocimiento y percepción del empleo de la plataforma. La muestra consistió en 96 estudiantes utilizando un robot basado en Arduino, 75 estudiantes usando la consola de Nintendo-DS. Se aplicó una metodología mixta que abarca enfoques cualitativos y cuantitativos. Los resultados muestran que a pesar de que ambas plataformas se comportan de manera similar en las tres dimensiones consideradas, la plataforma de robótica lo hace ligeramente mejor que la videoconsola, en base a las puntuaciones medias obtenidas para los instrumentos considerados. A pesar de este rendimiento superior, la motivación y la percepción disminuyen para los estudiantes que utilizan la plataforma de robótica. Esto sugiere que se requieren cambios en la organización de las sesiones de laboratorio para promover las habilidades de trabajo en equipo y superar la falta de simuladores para eliminar los obstáculos que insinúan motivación y desempeño. Sin embargo, no se ha identificado una clara correlación entre la motivación y la percepción y el conocimiento adquirido en la arquitectura de la computadora.(Fernandez et al., 2020)

2. Empleo de simuladores como método de enseñanza

Entre los trabajos de investigación más relevantes y enfocados a la enseñanza de redes de computadoras encontramos “***methods in teaching computer networks***”. Este trabajo provee una revisión extensa y rigurosa de los métodos y paradigmas de la enseñanza de redes de computadoras.

Aquí se parte del hecho de que los conceptos teóricos son bastante abstractos en esta asignatura, y los estudiantes a menudo los encuentran demasiados técnicos y difíciles de entender, por tanto, muchos autores intentan responder a la pregunta sobre cómo mejorar la motivación y el interés de los estudiantes por el complejo material didáctico de redes de computadoras. Este trabajo proporciona una descripción general de la literatura al recopilar todos los métodos utilizados anteriormente para enseñar redes de computadoras en un solo lugar, y aporta una contribución al clasificar los enfoques existentes en cuatro clases básicas: métodos

basados en el uso de objetos de visualización como simuladores de red, aplicaciones multimedia, herramientas de trazabilidad de paquetes o analogías visuales; otros basados en el uso de técnicas de virtualización; algunos que potencian el paradigma de aprendizaje activo y los basados en ejercicios prácticos de laboratorio.

Los métodos se evalúan mediante una comparación cruzada detallada basada en sus ventajas, desventajas y desafíos en la perspectiva tanto de los profesores como de los estudiantes. La revisión se fortalece adicionalmente al comparar la efectividad educativa de los métodos clasificados. (Prvan Marina y OŽEGOVIĆ Julije, 2020)

El aprendizaje individualizado, juega un papel importante en la enseñanza virtual, puesto que, en la mayoría de los casos, el estudiante enfrenta los estudios en forma solitaria. El artículo “***Applying simulators in computer networks education to encourage personalised learning***”, aborda ampliamente el tema del aprendizaje de redes de computadoras de forma particular de cada estudiante. La revisión en este informe se llevó a cabo ampliamente e incluyó el uso de simuladores, así como reconsiderar integrar la simulación en la educación en redes de computadoras para desarrollar un entorno de aprendizaje personalizado en el que los alumnos puedan utilizar las tecnologías más apropiadas para impulsar el aprendizaje basado en sus necesidades y progreso individual. (Liu, 2019)

En el estudio realizado sobre “***simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza***”, el autor hace una revisión literaria de los simuladores como mecanismos de innovación tecnológica en la educación, su aplicabilidad en el medio educativo, además de apoyo en el proceso de enseñanza aprendizaje, y las tendencias a futuro de estos. (Contreras-Gelves y Carreño-Moreno, 2012)

Un nuevo enfoque de enseñanza de las redes de computadoras es presentado en la investigación llamada: “**Revising Computer Science Networking Hands-On Courses in the Context of the Future Internet**”. En este trabajo se propone y evalúa, un enfoque instruccional para el desarrollo y análisis de protocolos de red, que no es específico de tecnología, y basado en herramientas gratuitas. Con este objetivo, se aprovecha el aprendizaje activo, experimental y creativo de última generación, para cubrir algoritmos basados en interfaces de aplicaciones de red y simuladores codificados por los estudiantes. Se espera que al menos el 70% de los estudiantes incorporen un conocimiento independiente del protocolo, así como la capacidad de mapearlo a los protocolos o aplicaciones actuales y futuros. (Fraire y Durán, 2021)

3. Simuladores como herramienta didáctica en la enseñanza de redes de computadoras

Los tópicos de los contenidos de redes de computadores son muy amplios y complejos, y representan un desafío desde el enfoque de la enseñanza, así como del aprendizaje. En este sentido la investigación denominada “**The impact of hands-on simulation laboratories on teaching of wireless communications**”, tiene como objetivo presentar un método pedagógico para preparar al estudiante en conocimientos teóricos y habilidades prácticas en el campo de las comunicaciones inalámbricas. El método consta de una combinación de conferencias, laboratorios, asignaciones, exámenes y lecturas, las cuales fueron aplicadas a los estudiantes. Tanto en el desarrollo como la implementación de los laboratorios, los estudiantes lograron un resultado exitoso, y brindaron una experiencia de aprendizaje muy eficiente. Los estudiantes expresaron que tenían una mejor comprensión de las diferentes tecnologías de redes inalámbricas después de terminar los laboratorios planificados según el método propuesto. (Chou y Vanderbye, 2017)

“**A survey of wireless network simulation and/or emulation software for use in higher education**”, es el título de una investigación que tiene por objetivo

evaluar varias herramientas de software y su posible potencial uso en la educación superior. Se eligieron unos seis simuladores o emuladores (OMNeT++/INET, ns-3, Packet Tracer, Mininet-WiFi, CORE y Komondor). El objetivo del documento es ayudar a los instructores a elegir el software para la enseñanza en línea de cursos relacionados con redes inalámbricas, incluidos laboratorios, utilizando dispositivos virtuales, con una inversión mínima. Esta investigación ofrece un cuadro de recomendación de elección de la herramienta según las características soportadas, en cuanto a las redes inalámbricas se refiere. (Richards et al., 2021)

En la investigación de bajo el título de “**utilización del simulador Packet Tracer como herramienta didáctica para la enseñanza de Frame Relay, HDLC y PPP**”, su objetivo fue determinar el porcentaje de mejoramiento que se manifiesta en el proceso pedagógico de la asignatura “redes e integración” impartido en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) utilizando el simulador Packet Tracer de Cisco. El instrumento utilizado fueron las encuestas, las mismas validan de forma positiva en el afianzamiento de los conceptos teóricos. El estudio realizado fue de tipo descriptivo y transversal; y finalmente se pudo comprobar que es positivo el aporte suministrado para la formación y asimilación de conocimientos, con respecto a la red de área amplia (WAN), debido a que este conocimiento es fundamental al momento de manejar la información y controlar el envío de paquetes de datos a nivel global. (Moreno-Vallejo et al., 2019)

En la tesis de maestría titulada “**ambiente virtual de aprendizaje mediado por simuladores de red para el desarrollo de habilidades técnicas en la asignatura de redes en ITINCO**”, trata de diseñar e implementar un ambiente artificial educativo para la materia de redes donde se colocarían las temáticas, los talleres y ejercicios en la plataforma, los mismos están orientados en aprendizaje basado en problemas (ABP). Este estudio se realizó de forma mixta, ya que tomaron elementos de la investigación cualitativa y cuantitativa, tales como encuestas y entrevistas. Los resultados concluyeron que las TIC potencian la

enseñanza de las redes de computadoras y la utilización de ambientes virtuales de aprendizaje (AVA) facilita el aprender conceptos, la comprensión de la internet, el fortalecimiento en las actividades experimentales, la interacción comunicativa y la motivación de los estudiantes. (Sarmiento, 2019)

La importancia de los simuladores en la enseñanza práctica de contenido, ha sido utilizada en muchos ámbitos del conocimiento, como queda evidenciado en el apartado 1 de este artículo, donde se presentan varios trabajos de investigación que abordan la enseñanza mediante la didáctica de los simuladores en disciplinas como: ciencias náuticas a nivel superior, administración de negocios, robótica móvil y la arquitectura de computadoras.

Un análisis de las investigaciones relacionados con los simuladores desde la perspectiva de métodos de enseñanza, son revisados en la segunda sección de este apartado (2). Se ha detectado trabajos que realizan análisis exhaustivos sobre los métodos utilizados en la enseñanza de conceptos de redes de computadoras, y ofrecen una clasificación de los enfoques existentes en cuatro clases a saber: los basados en el uso de objetos de visualización (simuladores, aplicaciones multimedia, herramientas de trazabilidad de paquetes o analogías visuales), luego están los métodos basados en el uso de técnicas de virtualización, métodos que potencian el paradigma de aprendizaje activo, y métodos basados en ejercicios prácticos de laboratorio.

En la sección de métodos de enseñanza, también se incluyen trabajos enfocados en el paradigma del aprendizaje individualizado, que sugieren como método de enseñanza personalizado, la inclusión de los simuladores en un entorno de autoaprendizaje sobre todo, en los tiempos donde impera la educación virtual. De igual forma, se incluyen la revisión de trabajos con enfoques didácticos de los simuladores como mecanismos de innovación tecnológica en la educación. También, describe la importancia de un enfoque instruccional propuesto para el

desarrollo y análisis de protocolos de red con independencia de una tecnología específica, y basado en herramientas gratuitas.

En la tercera sección de este acápite (3) se enfocan en los simuladores como herramienta didáctica de la enseñanza en ambas direcciones, es decir, desde la perspectiva de docente como la del estudiante. Partiendo de la premisa de que los contenidos de redes de computadoras son muy amplios y complejos, por lo tanto, representan un desafío desde el enfoque de la enseñanza y del aprendizaje. En estos trabajos hay varios enfoques, uno de ellos son los basados en métodos pedagógicos que incluyen actividades estratégicas (conferencias, laboratorios, asignaciones, exámenes y lecturas), para preparar al estudiante en conocimientos teóricos y habilidades prácticas.

Se revisaron trabajos sobre la utilización de simuladores concretos, con el objetivo de establecer cómo los simuladores de red mejoran los procesos pedagógicos en la enseñanza de tecnologías WAN específicas. Otro enfoque abordado es el de la creación de ambientes virtuales de aprendizaje medido por simuladores para el desarrollo de habilidades técnicas en los temas de redes de computadoras.

Todos estos proyectos de investigación proporcionan enfoques y orientaciones diversas, en relación con el tema de la utilización de los simuladores en la enseñanza aprendizaje de los contenidos de redes de computadoras, sin embargo, ninguno de ellos ofrece el enfoque que se desarrollará. Esta investigación está centrada en la percepción en el uso de simuladores en la enseñanza de contenidos de redes de computadoras de los estudiantes, con respecto a las competencias técnicas.

Materiales y métodos

Para establecer la percepción de la estrategia de enseñanza con el uso de simuladores de red en los alumnos con respecto a las competencias técnicas del curso de teleinformática; se utilizó un análisis estadístico descriptivo con el sustento en la medición numérica con el fin establecer pautas de conducta y probar la teoría. (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018) Las variables de este estudio fueron: (1) la estrategia de enseñanza con el uso del simulador de red, y (2) las competencias técnicas de los alumnos del curso de Teleinformática.

La variable “Estrategia de Enseñanza con el Uso del Simulador de Red”, está compuesta por dos indicadores (competencias sujetas al estudio) que son: (1) destrezas en el manejo del simulador de red, y (2) capacidad de autoaprendizaje.

Por su parte, la variable “Competencias Técnicas”, está compuesta por 5 indicadores (competencias sujetas al estudio) que son: (1) capacidad de diseñar una solución de conectividad con distintos de dispositivos de redes LAN y WAN, (2) destrezas sobre la conectividad con distintos medios de transmisión, (3) desarrollo de configuraciones adecuadas en cada uno de los equipos, (4) diseño de esquemas de direccionamiento IPv4 adecuados en base a supuestos y problemáticas específicas y (5) capacidad de verificación del trabajo realizado mediante la prueba de conectividad entre los dispositivos de comunicación.

La selección de elementos muestrales fue intencional homogéneo, ya que, de ante mano se conocía que la muestra estaba compuesta por todos los estudiantes del curso de Teleinformática II de la Universidad de Panamá y de acuerdo con Hernández-Sampieri y Mendoza Torres (2018) cuando define que en las muestras homogéneas las unidades que se van a seleccionar poseen un mismo perfil o características, o bien comparten rasgos similares y que su propósito sea centrarse en el tema a investigar o resaltar situaciones, procesos o episodios en un grupo social.

La técnica de recolección de datos utilizada en esta investigación fue la encuesta, la misma, permitió obtener información de los alumnos del curso de teleinformática II y según Casas Anguita et al. (2003) es un procedimiento muy utilizado debido a la facilidad en su formulación y su eficacia.

El tipo de instrumento de recolección de datos seleccionado fue el cuestionario con preguntas cerradas en formato digital, teniendo como base las dimensiones de las variables, además que fuerza al entrevistado a escoger entre un conjunto de alternativas. Esta elección se basó en Hernández-Sampieri et al. (2011), cuando sostiene que las preguntas cerradas, resulta sencillo de codificar y de elaborar el análisis; además, requieren un esfuerzo menor por parte del participante, ya que se simplifica las respuestas a las alternativas prediseñadas.

La Escala de Likert fue la forma de medición seleccionada y según (Hernández-Sampieri y Mendoza Torres, 2018) consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones, ante los cuales se pide la reacción de los participantes, eligiendo una de las cinco categorías de la escala. Para el análisis descriptivo de los datos obtenidos se utilizó el software estadístico IBM_SPSS versión 26.

Resultados y discusión

En esta sección se realizó un análisis sustentado en la estadística descriptiva para cada una de las variables y los correspondientes indicadores del estudio. Incluye la analítica de la distribución de frecuencia con estadísticas, tablas y su respectiva discusión. También se elaboró el estadístico descriptivo agrupados por indicador y de las variables sujetas de estudio con sus medidas de tendencia central y su interpretación descriptiva.

Para una mejor comprensión del análisis se dividió en dos secciones: (1) Análisis descriptivo de la variable “Estrategia de Enseñanza con el Uso del

Simulador de Red”, y (2) Análisis descriptivo de la variable “Competencias Técnicas de los alumnos del curso de Teleinformática”.

En la **Tabla 1**, se presenta un resumen de la cantidad de encuestas válidas, los valores mínimo y máximo, la media, mediana, moda, rango y la desviación estándar. La interpretación descriptiva hacia la Estrategia de enseñanza con el uso del simulador de red de los alumnos fue “De acuerdo” que corresponde a la estimación de la competencia supera las expectativas. La categoría que más se repitió fue 4 (De acuerdo). El cincuenta por ciento de los individuos está por encima del valor de 4.22 y el restante 50% se sitúa por debajo de este valor (mediana). En promedio, los alumnos se sitúan en 4.25 (De acuerdo). Igualmente, se desvían de 4.25 en promedio, 0.545 unidades de la escala. Ningún alumno calificó “En desacuerdo” ni tampoco “Totalmente en desacuerdo”. Lo que ubica los valores de media hacia elevados. La puntuación más baja observada es de 2.89 y la puntuación más alta observada es de 5.00.

Tabla 1:

Estadísticos descriptivos de la variable “Estrategia de Enseñanza con el uso del simulador de red” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021.

N	Válido	26
	Perdidos	0
Media		4.25
Mediana		4.22
Moda		4 ^a
Desviación Estándar		0.545
Rango		2
Puntuación más baja observada (Mínimo)		2.89
Puntuación más alta observada (Máximo)		5

^a **Existen múltiples modas. Se muestra el valor más pequeño**

En los siguientes resultados según la lo que indica que la variable "Estrategia de Enseñanza con el Uso del Simulador de Red" tiene un alto grado de aceptación por parte del participante elevando las expectativas esperadas. En la **Tabla 2**, se obtuvo un porcentaje acumulado de 76.9% (15.4% "Totalmente de acuerdo" y un 61.5% "De acuerdo"), con las afirmaciones cuestionadas en el instrumento con respecto a la variable de estudio, lo que indica que la variable "Estrategia de Enseñanza con el Uso del Simulador de Red" tiene un alto grado de aceptación por parte del participante y que tiene a elevar las expectativas esperadas.

Tabla 2:

Frecuencia de la variable “Estrategia de Enseñanza con el uso del simulador de red” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021

	Frecuencia	Porcentaje
En desacuerdo	1	3.8
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	5	19.2
Válida De acuerdo	16	61.5
Totalmente de acuerdo	4	15.4
Total	26	100.0

A continuación, se presentan el análisis descriptivo agrupado de los indicadores de la variable “Estrategia de Enseñanza con el Uso del Simulador de Red” generando la **Tabla 3** abajo descrita. La columna N representó el número de casos válidos de cada indicador y el N corresponde a la muestra de 26, como se puede ver en la tabla. El indicador con mayor promedio es la competencia “Destrezas en el manejo del simulador de red” y la menor es la competencia “Capacidad de autoaprendizaje”.

Tabla 3:

Estadísticos descriptivos agrupados por indicador de la Variable “Estrategia de Enseñanza con el Uso del Simulador de Red” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Destrezas en el manejo del simulador de red	26	2.80	5.00	4.2846	0.58013
Capacidad de autoaprendizaje	26	3.00	5.00	4.2019	0.53861
N válido (por lista)	26				

En la **Tabla 4**, se muestra el resumen de la cantidad de encuestas válidas, los valores mínimo y máximo, la media, mediana, moda, rango y la desviación estándar. La interpretación descriptiva hacia las competencias técnicas de los alumnos fue “De acuerdo” que corresponde a la estimación de la competencia supera las expectativas. La categoría que más se repitió fue 4 (De acuerdo) y el 50% de los individuos estuvo por encima del valor de 4.41 y el cincuenta por ciento restante se situó por debajo de este valor (mediana). En promedio, los alumnos se ubicaron en 4,27 (De acuerdo). Igualmente, se desvían de 4,27, en promedio, 0.540 unidades de la escala. Ningún alumno estimó “En desacuerdo” ni tampoco “Totalmente en desacuerdo”, lo que ubica los valores de media hacia elevados. La puntuación más baja observada fue de 3.27 y la más alta de 5.00.

Tabla 4:

Estadísticos descriptivos de la variable “Competencias Técnicas” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021

N	Válido	26
	Perdidos	0
Media		4.27
Mediana		4.41
Moda		4 ^a
Desviación Estándar		0.540
Rango		2
Puntuación más baja observada (Mínimo)		3.27
Puntuación más alta observada (Máximo)		5.00

^a **Existen múltiples modas. Se muestra el valor más pequeño**

La **Tabla 5** se observa que un 73.1% (15.4% “Totalmente de acuerdo” y un 57.7% “De acuerdo”) de los alumnos estimaron que la variable “Competencias Técnicas” supera y sobresale las expectativas por medio del uso del simulador de red como estrategia de enseñanza.

Tabla 5:

Frecuencia de la variable “Competencias Técnicas” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	7	26.9
	De acuerdo	15	57.7
	Totalmente de acuerdo	4	15.4
	Total	26	100.0

El análisis descriptivo de los indicadores de la variable “Competencias Técnicas”. Se genera la **Tabla 6** en donde la columna N representa el número de casos válidos de cada indicador, el N total de la muestra es 26. El indicador con mayor promedio es la competencia “Desarrollo de configuraciones adecuadas en cada uno de los equipos” y la más baja es la competencia “Capacidad de verificación del trabajo realizado mediante la prueba de conectividad entre los dispositivos de comunicación”.

Tabla 6:

Estadísticos descriptivos agrupados por indicador de la Variable “Competencias Técnicas” por los alumnos del curso de Teleinformática de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021

	N	Mínimo	Máximo	Mediana	Desviación estándar
Capacidad de diseñar una solución de conectividad con distintos de dispositivos de redes LAN y WAN	26	3	5	4.31	.596
Destrezas sobre la conectividad con distintos medios de transmisión	26	3	5	4.25	.738
Desarrollo de configuraciones adecuadas en cada uno de los equipos	26	3	5	4.38	.697
Diseño de esquemas de direccionamiento IPv4 adecuados en base a supuestos y problemáticas específicas	26	3	5	4.29	.619
Capacidad de verificación del trabajo realizado mediante la prueba de conectividad entre los dispositivos de comunicación	26	3	5	4.21	.660
N válido (por lista)	26				

Conclusiones

- El análisis descriptivo de los resultados comprueba una percepción positiva de media hacia alta en la aplicación de la estrategia de enseñanza con el uso de simuladores de red para el mejoramiento del desarrollo de las competencias técnicas por los alumnos del curso de Teleinformática impartido en modalidad virtual de la carrera de Ingeniería en Informática de la Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación de la Universidad de Panamá, 2021.
- Se identificaron cinco competencias técnicas y dos competencias relacionadas al uso del simulador de red, las cuales permiten fortalecer el perfil profesional de los alumnos al finalizar la carrera.
- En la aplicación de la estrategia de enseñanza, usando el simulador de red asociada a las competencias técnicas, la percepción del alumnado alcanzó un 73.1% acumulado, debido a que prevaleció la media sobre la estimación hacia la competencia superada y sobresaliendo las expectativas del alumnado.
- Con respecto la percepción de la competencia “Capacidad de diseñar una solución de conectividad con distintos de dispositivos de redes LAN y WAN”, los indicadores arrojan que el 84.6% de los estudiantes, considera que el uso del simulador de red permite la comprensión de los conocimientos teóricos con la aplicación práctica a la hora de diseñar soluciones de conectividad utilizando dispositivos tanto de redes LAN como WAN.
- La percepción de la competencia “Destrezas sobre la conectividad con distintos medios de transmisión”, un 42.3% de los estudiantes consideran que la aplicación de la estrategia les permitió lograr la conectividad de distintos medios de transmisión y esta competencia obtiene un sobresaliente de las expectativas y un 30.8% considera que la competencia fue superada, arrojando un total de 73.1% acumulado.
- La percepción de la competencia “Desarrollo de configuraciones adecuadas en cada uno de los equipos”, concluye que un 88.5% de los alumnos estiman que la

estrategia de enseñanza les permitió desarrollar configuraciones correctas de cada uno de los dispositivos de la red.

- La percepción de la competencia “Diseño de esquemas de direccionamiento IPv4 adecuados en base a supuestos y problemáticas específicas”, obtuvo una apreciación del 84.6% de los alumnos que aprendieron a crear esquemas de direccionamiento IPv4 adecuados a cada problemática presentada.
- La percepción de la competencia “Capacidad de verificación del trabajo realizado mediante la prueba de conectividad entre los dispositivos de comunicación” presenta una ponderación del 53.9% del alumnado superando la expectativa y un 23.1% opina que sobrepasa las expectativas al momento de aprender la verificación del trabajo probando la conectividad entre los dispositivos de comunicación.
- Referente a la dimensión “Estrategia de enseñanza con el uso del simulador”, la competencia “Destrezas en el manejo del simulador de red” arrojó que el 88.5% del alumnado percibieron que el uso de la estrategia de enseñanza les permite adquirir las destrezas necesarias para dominar el manejo del simulador.
- Y la competencia “Capacidad de autoaprendizaje”, reflejó que el 73% de los alumnos participantes percibieron que la estrategia de enseñanza les permitió habilidades en el aprendizaje autónomo, permitiéndoles experimentar y aplicar sus conocimientos en un entorno flexible.
- Todos estos resultados descritos sustentan que la estrategia de enseñanza con el uso del simulador de red contribuye al desarrollo de las competencias técnicas, además, según la percepción de los estudiantes la mejor competencia técnica adquirida fue el “Desarrollo de configuraciones adecuadas en cada uno de los equipos” obteniendo una media de 4.38/5 superando las expectativas de estimación.
- Se propuso la implementación de una nueva estrategia de enseñanza con el uso del simulador de red, enriquecida con las experiencias adquiridas mediante la esta investigación.

- Finalmente, la percepción de los estudiantes con respecto a la estrategia de enseñanza con el uso de simulador de red amplía las perspectivas a la hora de enfrentarse al mundo laboral, ya que se fortalecen las competencias técnicas en temas fundamentales tales como: topologías, protocolos de comunicación, reglas y estándares de red, transferencia de datos en la red entre otras. Además, el dominio autónomo del uso del simulador de red permitirá ahondar en temáticas más profundas de las telemáticas, hacer pruebas de ensayo y error sin estrés, ampliando así la experiencia del futuro profesional. Este dominio irá más allá de los límites de las aulas de clases, y una vez en el campo laboral el nuevo profesional podrá crear escenarios virtuales flexibles que la toma de decisiones asertivas y la resolución de problemas sin afectar el escenario real dentro de su ámbito de trabajo.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue posible gracias al apoyo del Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT - Panamá).

Referencias

- Casas Anguita, J., Repullo Labrador, J., y Donado Campos, J. (2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 143-162.
<http://www.unidaddocentemfyclaspalmas.org.es/resources/9+Aten+Primaria+2003.+La+Encuesta+I.+Cuestionario+y+Estadistica.pdf>
- Chou, T. S., y Vanderbye, A. (2017). The impact of hands-on simulation laboratories on teaching of wireless communications. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 16(1), 69-90. <https://doi.org/10.28945/3674>

Contreras-Gelves, G. A., y Carreño-Moreno, P. (2012). Simuladores en el ámbito educativo: un recurso didáctico para la enseñanza. *Ingenium Revista de la facultad de ingeniería*, 13(25), 107-119. <https://doi.org/10.21500/01247492.1313>

Farias, G., Fabregas, E., Peralta, E., Vargas, H., Dormido-Canto, S., y Dormido, S. (2019). Development of an Easy-to-Use Multi-Agent Platform for Teaching Mobile Robotics. *IEEE Access*, 7, 55885-55897. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2913916>

Fernandez, B. G., Toro, X. del, Santofimia, M. J., Dorado, J., Villanueva, F. J., Villa, D., y Lopez, J. C. (2020). Robotics vs. game-console-based platforms to learn computer architecture. *IEEE Access*, 8, 95153-95169. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994196>

Fraire, J. A., y Durán, J. E. (2021). Revising Computer Science Networking Hands-On Courses in the Context of the Future Internet. *IEEE Transactions on Education*, 64(2), 133-138. <https://doi.org/10.1109/TE.2020.3015673>

Garizurieta Bernabe, J., Muñoz Martínez, A. Y., Otero Escobar, A. D., y González Benítez, R. A. (2018). Simuladores de negocios como herramienta de enseñanza-aprendizaje en la educación superior. *Apertura*, 10(2), 36-49. <https://doi.org/10.32870/Ap.v10n2.1381>

Hernández-Sampieri, R., Fernandez Collado, C., y Baptista Lucio, M. del P. (2011). Metodología de la Investigación. En M. I. Martínez (Ed.), *MacGrawHill Education* (Sexta Edic, Vol. 44, Número 8). McGRAW-HILL. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>

- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la Investigación: Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. En *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (McGraw-Hil).
[http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf)
- Liu, Q. (2019). *Applying simulators in computer networks education to encourage personalised learning*. 21(2).
- Moreno-Vallejo, P. X., Bastidas, G. K., Moreno, P. R., y Vallejo, M. E. (2019). Utilización del simulador Packet Tracer como herramienta didáctica para la enseñanza de Frame Relay, HDLC y PPP. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 6-22.
<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.513>
- Prvan Marina, y OŽEGOVIĆ Julije. (2020). Methods in Teaching Computer Networks. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 20(3).
<https://doi.org/10.1145/3394963>
- Richards, T. A. v, Gamess, E., y Thornton, D. (2021). A survey of wireless network simulation and/or emulation software for use in higher education. *Proceedings of the 2021 ACMSE Conference - ACMSE 2021: The Annual ACM Southeast Conference*, 63-70. <https://doi.org/10.1145/3409334.3452066>
- Sarmiento, E. (2019). *Ambiente virtual de aprendizaje mediado por simuladores de red para el desarrollo de habilidades técnicas en la asignatura de redes en itinco*. 47.
<http://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/1872>

Trueba-Ruiz, A. (2012). El simulador como herramienta de aprendizaje en las enseñanzas náuticas. *Dialnet*, 7.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4640566>

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE GRANOS Y DE BIOMASA
EN CAJANUS CAJAN
CON EL USO DE INDUCTOR FLORAL**

*EVALUATION OF THE PRODUCTION OF GRAINS AND BIOMASS IN
CAJANUS CAJAN
WITH THE USE OF FLORAL INDUCER*

Euribiades Chang

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario de
Darién. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-1228-9804>

euribiades.chang@up.ac.pa

Andres Chang

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario de
Darién. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0003-4776-6794>

andres.chang@up.ac.pa

Edwin Pile

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario de
Darién. Panamá.

<https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

edwin.pilem@up.ac.pa

DOI <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v33n2.a4060>

Recepción

09-05-2023

Aprobación

15-06-2023

Resumen

En este estudio, se evaluó el efecto de los inductores florales en la producción de granos y biomasa en *Cajanus cajan*. Usamos un modelo de bloques completamente aleatorizados con dos variedades (roja y negra) y las variables dependientes peso total (lbs) y altura de la planta (cm). Los resultados mostraron que el uso de inductor floral tuvo un efecto significativo en la producción de granos y biomasa. Sin embargo, es importante evaluar los efectos secundarios, el costo-beneficio y el impacto ambiental antes de implementar estos tratamientos a nivel comercial. Se necesitan más investigaciones para comprender mejor la influencia de los inductores florales en la producción de granos y biomasa en *C. cajan*.

Palabras clave: granos, biomasa, inductor floral, *Cajanus cajan*, producción.

Evaluation of Grain and Biomass Production in *Cajanus cajan* with the Use of Floral Inducer

Abstract

In this study, we evaluated the effect of floral inducers on grain and biomass production in *Cajanus cajan*. We used a completely randomized block design with two varieties (red and black) and the dependent variables were total weight (pounds) and plant height (cm). The results showed that the use of floral inducers had a significant effect on grain and biomass production. However, it is important to assess the side effects, cost-benefit and environmental impact before implementing these treatments commercially. Further research is needed to better understand the influence of floral inducers on grain and biomass production in *C. cajan*.

Keywords: grains, biomass, floral inducer, *Cajanus cajan*, production.

Introducción

Cajanus cajan, conocido comúnmente como guandú, es una leguminosa de relevante importancia agrícola, hortícola y forrajera en el mundo (Kar y Datta, 2017). Esta especie es resistente a las adversidades ambientales, enfermedades y genera altos rendimientos, por lo que es ampliamente utilizada en la agricultura tropical (Hussain et al., 2022). La floración, fructificación y reproducción afectan la producción de granos y biomasa de *C. cajan* (Horie, 1994). Por esta razón, el uso

de inductores florales ha demostrado ser una herramienta viable para explotar ciertos patrones de desarrollo y mejorar el rendimiento de esta especie, como ha ocurrido con el arroz (Devaraj et al., 2023). Asimismo, Meena et al. (2023) y Mendapara et al. (2023) han demostrado la efectividad del uso de insecticidas y reguladores del crecimiento, así como factores de transcripción, respectivamente, para aumentar la producción de granos y biomasa de *C. cajan*. Además, la asociación de abejorros con esta planta también aumentó la productividad en plantaciones de mango (Marroquín-Agreda et al., 2015). El uso de fertilizantes orgánicos, así como de mezclas compuestas por materias orgánicas y fertilizantes químicos, también han sido correlacionados con una mayor producción de grano y biomasa (Whiley, 1992). A pesar de los progresos hechos, los efectos de los inductores florales en el grano y la biomasa de *C. cajan* aún son mal comprendidos, por lo que es pertinente llevar a cabo un estudio detallado para evaluar el efecto de los inductores florales en la producción de esta especie.

Materiales y métodos

La colecta de los datos se llevó a cabo entre marzo y noviembre de 2022, en el Hogar Bolívar, Juan Díaz, Panamá (lat 9.034, lon -79.479). Se evaluaron dos variedades de *C. cajan*: roja y negra. Se utilizó un modelo de bloques completamente al azar, con parcelas de 2500m² y una distancia entre plantas de 2,8m. Se sembró una semilla por bolsa a una profundidad entre 3 y 5 cm y luego se transplantaron 1200 plantas por hectárea. Se utilizó compost como sustrato para las plantas en experimentación. Las variables analizadas fueron variedad (roja y negra); fecha de transplante; fecha de medición; uso de producto (Ácido Giberélico [Newgibb 10 SP [15-20 gr/bomba de 5 gls]]) para la inducción floral y su respectiva fecha de aplicación (para obtener algunos cálculos de plazos). Los datos referentes al rendimiento del grano se comenzaron a recolectar en la segunda semana después del inicio de la cosecha, promediando las libras obtenidas por semana/planta. Las variables dependientes fueron el peso total (lbs) y la altura (cm) de las plantas, esta última se utilizó como proxy para medir la producción de

biomasa. Los datos fueron descritos a través de medidas de tendencia central y de variabilidad, y la comparación entre los grupos (Control y Tratado) se realizó mediante una prueba T ($p < 0.05$). Todos los análisis se llevaron a cabo en el ambiente de computación estadística R (Equipo R Core, 2022).

Resultados

Los resultados muestran que el uso de inductor floral tuvo un efecto significativo en la producción de granos y biomasa en *C. cajan*. El peso total de granos cosechados mostró una diferencia significativa ($p = 4.659e-10$). Además, la altura de las variedades (negra y roja) también mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0.02$ y $p = 0.03$, respectivamente). Estos resultados sugieren que el uso del inductor tiene el potencial de aumentar la producción de granos y biomasa en *C. cajan*.

Tabla 1:

Resultados de la Producción de Granos y Biomasa en Cajanus cajan con el Uso de Inductor Floral.

	Tratado	Control	IC 95%	t	df	p-value
Peso total (lbs)	4.1205	1.8200	1.828979 - 2.772021	10.074	23.794	4.659e-10
	Variedad Negra					
Altura (cm)	331.1364	282.2667	18.20177 - 79.53768	6.6203	2.0764	0.02004
	Variedad Roja					
	290.3053	252.3667	10.71376 - 65.16359	5.6962	2.1141	0.02594

Discusión

Los resultados de este estudio muestran claramente que el uso de inductor floral tiene un efecto significativo sobre la producción de granos y biomasa en *C. cajan* (Kar y Datta, 2017). Esto sugiere que el uso de estos inductores es una herramienta viable para aumentar los rendimientos y la productividad de esta especie. Sin embargo, es importante tener en cuenta los efectos secundarios asociados con el uso de estos productos. Por ejemplo, recientemente se ha observado que los inductores florales pueden conducir a una mayor incidencia de enfermedades foliares y daños por aguas superficiales (Saxena et al., 2021). Por lo tanto, es importante tener un enfoque cuidadoso al usar inductores florales para aumentar la producción de grano y biomasa en *C. cajan*.

Además, en el pasado, se han identificado muchos métodos para mejorar la producción de grano y biomasa en *C. cajan*, como el uso de mezclas de fertilizantes orgánicos y sintéticos (Whiley, 1992) y el uso de un factor de transcripción (CcTFL1) (Mendapara et al., 2023). Estas medidas también han mostrado resultados prometedores, lo que sugiere que se necesitan más investigaciones para comprender mejor el efecto individual de los inductores florales en la producción de grano y biomasa de esta especie.

En cuanto al costo-beneficio, es importante considerar el impacto financiero y ambiental de los inductores florales antes de implementarlos a nivel comercial. El costo de financiar el tratamiento debe ser evaluado en función de los resultados deseados, y también se debe tener en cuenta el impacto ambiental asociado con estos productos. Como señala Welbaum et al., (2004), el uso irracional de fertilizantes y productos químicos puede tener un gran impacto negativo en el medio ambiente.

Conclusión

Los resultados permiten inferir que el uso de inductores florales tiene el potencial de mejorar la producción de granos y biomasa en *Cajanus cajan*. Sin embargo, es importante evaluar los efectos secundarios, así como el costo-beneficio y el impacto ambiental antes de implementar estos tratamientos a nivel comercial. Además, se necesitan más investigaciones para comprender mejor la influencia de los inductores florales en la producción de grano y biomasa en *C. cajan*.

Referencias bibliográficas

- Devaraj, G. A., Isaac, S. R., & Reddy, P. R. K. (2023). Production Potential of Short Duration Red Gram [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] in the Southern Laterites of Kerala. *Legume Research: An International Journal*, 46(4).
- Horie, T. (1994). Crop ontogeny and development. In D. R. Carter (Eds.), *Physiology and determination of crop yield* (pp. 153-180). Wiley Online Library.
- Hussain, M. E., Sharma, S., Joel, A.J., & Kilian, B. (2022). Photoperiod insensitivity in pigeonpea introgression lines derived from wild *cajanus* species. *Agronomy*, 12(6), 1370.
- Kar, S., & Datta, B.K. (2017). Floral biology of *Cajanus cajan* (L.) Millsp. [Leguminosae] in Tripura (India). *Pleione*, 11(1), 104-115.
- Marroquín-Agreda, F., Gehrke-Velez, M. R., Pohlan, J. A., Lerma-Molina, J. N., Toledo-Toledo, E., & Ley-de, C. (2015). The association of bushy legumes with 'Ataúlfo' Mango (*Mangifera indica* L.)+ cv. Ataúlfo Affects Reproductive Biology and Enhances Productivity in Mango Plantations in Soconusco, Chiapas, Mexico. *Indian Horticulture Journal*, 5(3&4), 63-69.

Meena, S. N., Singh, P., Meena, L. K., Yadav, S. L., Dhakad, U., Regar, S. N., & Meena, B. S. (2023). Effect of Plant Growth Regulators in Conjunction with Insecticides on the Productivity of Pigeon Pea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. *Environment and Ecology*, 41(1B), 480-485.

Mendapara, I., Modha, K., Patel, S., Parekh, V., Patel, R., Chauhan, D., Bardhan, K., Siddiqui, M. H., Alamri, S., & Rahman, M. A. (2023). Characterization of CcTFL1 Governing Plant Architecture in Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). *Plants*, 12(11), 2168.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Welbaum, G. E., Sturz, A. V., Dong, Z., & Nowak, J. (2004). Managing soil microorganisms to improve productivity of agro-ecosystems. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(2), 175-193. Taylor & Francis.

Saxena, K., Bohra, A., Choudhary, A. K., Sultana, R., Sharma, M., Pazhamala, L. T., & Saxena, R. K. (2021). The alternative breeding approaches for improving yield gains and stress response in pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Plant Breeding*, 140(1), 74-86. Wiley Online Library.

Whiley, A. W. (1992). Environmental effects on phenology and physiology of mango-a review. In *International Mango Symposium* (pp. 341, 168-176).