



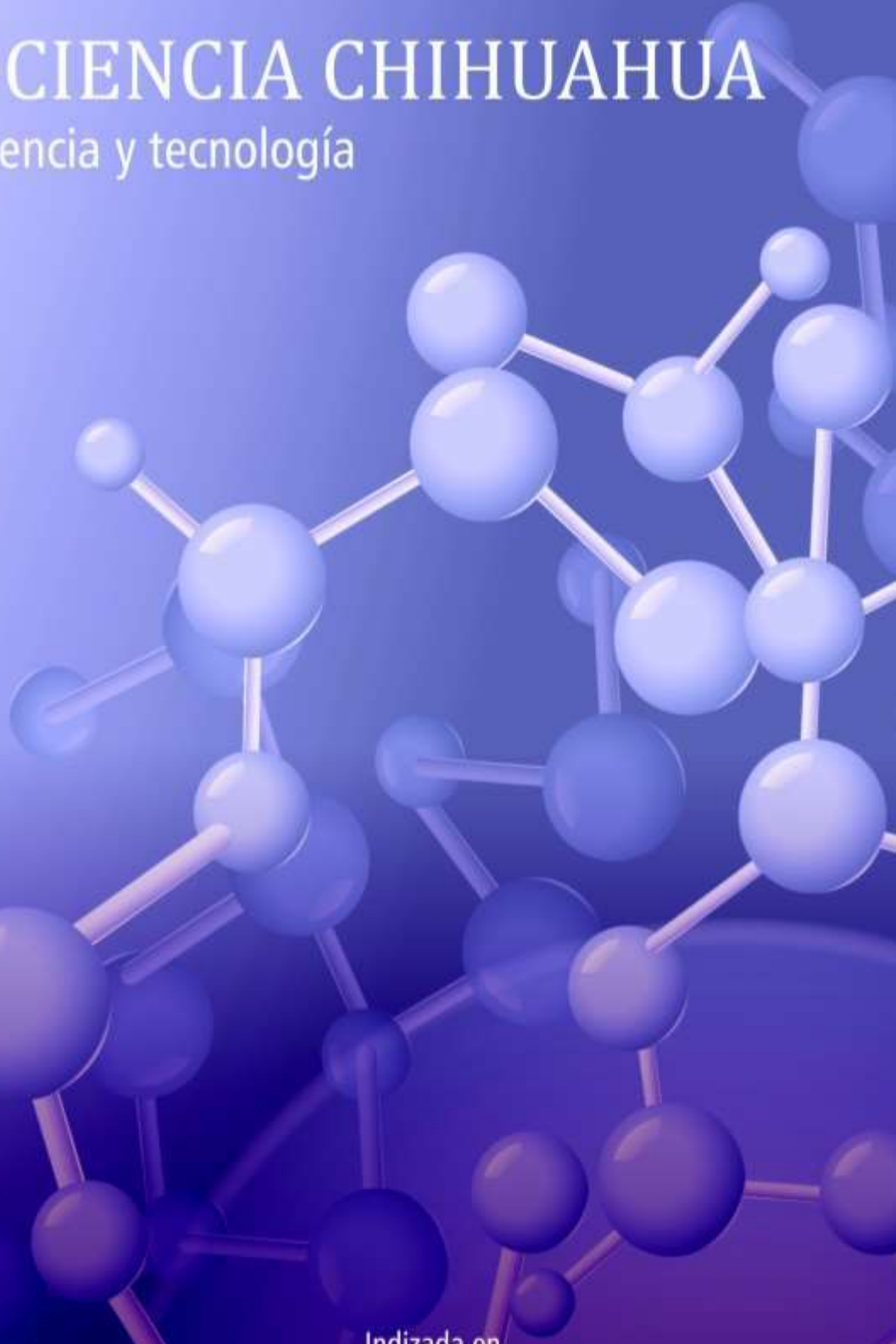
**UACH**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

Dirección de  
Investigación y Posgrado

VOLUMEN XIV | NÚMERO 3 | PUBLICACIÓN CONTINUA 2020

# TECNOCIENCIA CHIHUAHUA

Revista de ciencia y tecnología



Indizada en





## Directorio Institucional

**M.E. Luis Alberto Fierro Ramírez**

*Rector*

**M.A.V. Raúl Sánchez Trillo**

*Secretario General*

**M.E.A. Alfredo Ramón Urbina Valenzuela**

*Director de Investigación y Posgrado*

**M.A. Herik Germán Valles Baca**

*Director Académico*

**M.L. Ramón Gerónimo Olvera Néder**

*Director de Extensión y Difusión Cultural*

**M.C. Francisco Márquez Salcido**

*Director Administrativo*

**M.I. Ricardo Ramón Torres Knight**

*Director de Planeación y Desarrollo Institucional*



**TECNOCIENCIA CHIHUAHUA**

Revista de ciencia y tecnología

## Equipo Editorial

*Editor responsable*

**Dr. Armando Quintero Ramos**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. (SNI III)

*Asistente editorial*

**M.E.S. Nancy Karina Venegas Hernández**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

*Co-editores*

**Dra. Carmen O. Meléndez Pizarro**, Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

**Dr. Héctor Osbaldo Rubio Arias**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

*Secretaria del Comité Editorial*

**Dra. Martha Graciela Ruiz Gutiérrez**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

### **EDITORES ASOCIADOS UACH**

**Dr. Alejandro Camacho Dávila**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Química).

**Dr. Néstor Gutiérrez Méndez**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Ciencia y Tecnología de Alimentos).

**Dr. Felipe Alonso Rodríguez Almeida**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Reproducción y Mejoramiento Animal).

**Dra. Ramona Pérez Leal**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Agropecuarias).

**Dr. Gerardo Pavel Espino Solís**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Medicina y Ciencias de la Salud).

**Dra. Margarita Levario Carrillo**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Medicina y Ciencias de la Salud).

**Dr. Luis Carlos González Gurrola**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Ingeniería).

**Dr. Roberto Narro García**, Universidad Autónoma de Chihuahua, México (Ingeniería, Físico-Matemáticas y Ciencias de la Tierra).

### **EDITORES ASOCIADOS NACIONALES**

**Dra. Elizabeth Carvajal Millán**, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., Hermosillo, Sonora, México (Ciencia y Tecnología de Alimentos).

**Dr. Benjamín Ramírez Wong**, Departamento de Investigación y Posgrado, Universidad de Sonora. Hermosillo, México. (Ciencia y Tecnología de Alimentos).

**Dr. Ricardo Vázquez Juárez**, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Baja California Sur, México. (Biología).

**Dr. Rubén Francisco González Laredo**, Instituto Tecnológico de Durango., Durango, Durango, México (Procesos Químicos y Fitoquímicos).

**Dr. Fernando Martínez Bustos**, Centro de Investigación y Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, Querétaro, México. (Procesamiento de Alimentos).

**Dr. Gerardo Méndez Zamora**, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Escobedo, Nuevo León, México. (Producción Animal y Procesamiento).

**Dr. José de Jesús Zazueta Morales**, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México.

**Dr. José Rafael Minjares Fuentes**, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México (Alimentos).

**Dr. Víctor Arturo González Hernández**, Colegio de Postgraduados (Agronomía/Fisiología de Cultivos/Genética)

**Dr. Humberto González Rodríguez**, Director de la Facultad de Ciencias Forestales UANL

**Dr. Guillermo Fuentes Dávila**, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

**Dr. Luis Raúl Tovar Gálvez**, Instituto Politécnico Nacional, Doctorado en Nutrición

**Dr. Luis Fernando Plenge Tellechea**, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, UACJ

#### **EDITORES ASOCIADOS INTERNACIONALES**

**Dra. Marcela Rodríguez**, Universidad Nacional del Centro. Olavarría, Argentina.

**Dra. Valeria Soledad Eim Iznardo**, Universidad de las Islas Baleares, Islas Baleares, España.

**Dr. Efrén Delgado**, New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA.

**PhD. Nadezhda Traycheva Petkova**, University of Food Technologies, Bulgaria · Plovdiv.

**PhD Mérida Gutiérrez**, Missouri State University, Department of Geography, Geology and Planning



## CONTENIDO

Definición de la revista 5

### Salud

Razones de verosimilitud positiva y negativa de dos índices antropométricos en el diagnóstico de las situaciones nutricionales sobrepeso y obesidad e 625

Positive and negative likelihood ratios of two anthropometric indices in the diagnosis of nutritional situations overweight and obesity

José Franco-Monsreal, Julissa Arisai Meléndez-Balam, Lidia Esther del Socorro Serralta-Peraza, José Ricardo Hernández-Gómez

### Recursos-Naturales

Efecto promotor del crecimiento micelial de *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. en condiciones in vitro de extractos acuosos y etanólico de dos especies de *Cylindropuntia* e 641

Growth promoting effect on the mycelia of *Fusarium* sp. and *Aspergillus* sp. in vitro condition of aqueous and ethanolic extracts from two species of *Cylindropuntia*

Andrea Cid-Lucero, Raquel González-Fernández, José Valero-Galán

### Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable

Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana e 751

Mineral composition of leachate (biofertilizer) of Californian red worm

Alma Beatriz Palacios-Valenzuela, Alfredo Granados-Olivas, Marisela Yadira Soto-Padilla, Edith Flores-Tavizón

## **Biología**

---

Pollenia rudis y otros califóridos (Diptera: Calliphoridae) capturados en el oriente del municipio de Torreón, Coahuila, México e 745

Pollenia rudis and other blowflies (Diptera: Calliphoridae) captured in the east of the municipality of Torreon, Coahuila, Mexico

Fabián García-Espinoza, Sergio Hernández-Rodríguez, Ma. Teresa Valdés-Perezgasga, Javier López-Hernández, Vicente Hernández-Hernández, Cecilia Salazar-Flores

Dinámica poblacional de sardina (Sardinella aurita) del estado Nueva Esparta, Venezuela e 740

Population dynamics of sardine (Sardinella aurita) from Nueva Esparta state, Venezuela

L. Walter González, Nora Eslava, Francisco Guevara, Eduardo Núñez

## DEFINICIÓN DE LA REVISTA

TECNOCENCIA CHIHUAHUA, es una revista multidisciplinaria, de publicación continua, que publica artículos y notas científicas, así como artículos de revisión *por invitación* originales e inéditos, en español e inglés, en formato electrónico de acceso abierto.

El objetivo de TECNOCENCIA CHIHUAHUA es divulgar los resultados y avances de investigación originales e inéditas en las áreas temáticas de Alimentos, Biológica, Salud, Agropecuaria, Cultura Física, Ingeniería y Tecnología, Química y Recursos Naturales, dirigidos a investigadores, académicos, estudiantes y público con interés científico.

El contenido científico y calidad de los artículos son evaluados a través de un proceso de arbitraje de forma anónima en la modalidad de doble ciego por al menos dos árbitros especializados en la materia.

La revista TECNOCENCIA CHIHUAHUA es editada y financiada por la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México. La revista está adherida a la Declaración de San Francisco a través de DORA (Declaration on Research Assessment) se encuentra indexada en índices y portales especializados como Latindex, Periódica. La revista cuenta con el DOI (Digital Object Identifier) a través de la organización internacional Crossref.

Artículo Científico

## Razones de verosimilitud positiva y negativa de dos índices antropométricos en el diagnóstico de las situaciones nutricionales sobrepeso y obesidad

Positive and negative likelihood ratios of two anthropometric indices in the diagnosis of nutritional situations overweight and obesity

José Franco–Monsreal<sup>1\*</sup>, Julissa Arisai Meléndez–Balam<sup>1</sup>, Lidia Esther del Socorro Serralta–Peraza<sup>1</sup> y José Ricardo Hernández–Gómez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo. Carretera Muna–Felipe Carrillo Puerto S/N, km 137. CP. 77870. La Presumida, José María Morelos, Quintana Roo, México

\*Correspondencia: Correo Electrónico [Jose.franco@uimqroo.edu.mx](mailto:Jose.franco@uimqroo.edu.mx) (José Franco–Monsreal)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.625>

Recibido: 20 de agosto, 2020; Aceptado: 17 de febrero, 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

### Resumen

**Objetivo.** Determinar si dos índices antropométricos tienen o no eficiencia pronóstica suficiente o eficiencia pronóstica moderada combinando en una sola expresión la sensibilidad y la especificidad mediante las razones de verosimilitud positiva y negativa. **Material y métodos.** Enfoque epistemológico cuantitativo. Estudio epidemiológico observacional descriptivo sin direccionalidad y con temporalidad prospectiva. Se estudiaron 300 pacientes adultos de ambos géneros que acudieron al Hospital Integral "José María Morelos". Como prueba de referencia, estándar de oro o *Gold Standard* fue utilizada la Ecuación de la Metropolitan Life Insurance Company. **Resultados.** Los resultados para las razones de verosimilitud positiva correspondieron a 13.41 y 1.63 para los índices antropométricos Índice Cintura/Estatura (ICE) y Circunferencia Abdominal (CA), respectivamente. Los resultados para las razones de verosimilitud negativa correspondieron, respectivamente, a 0.07 y 0.38 para los índices antropométricos ICE y CA. **Conclusiones.** Se concluye que el mejor índice antropométrico para el diagnóstico de las situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad corresponde al ICE, ya que los resultados de las razones de verosimilitud positiva y negativa reportan eficiencias pronósticas suficientes. Por otro lado, los resultados de las razones de verosimilitud positiva y negativa reportan, respectivamente, eficiencia pronóstica insignificante y eficiencia pronóstica escasa para la CA.

**Palabras clave:** Razones de verosimilitud, Índice Cintura/Estatura, Índice Circunferencia Abdominal, Sobrepeso, Obesidad.

### Abstract

**Objective.** To determine whether two anthropometric indices have sufficient prognostic efficiency or moderate prognostic efficiency by combining sensitivity and specificity using positive and



negative likelihood ratios in a single expression. **Material and methods.** Quantitative epistemological approach. Descriptive observational epidemiological study without directionality and with prospective temporality. Three hundred adult patients of both genders who attended the Hospital Integral "Jose Maria Morelos" were studied. As a reference test or *Gold Standard* was used the Equation of the Metropolitan Life Insurance Company. **Results.** The results for the positive likelihood ratios corresponded to 13.41 and 1.63 for the anthropometric indices, Waist / Height Index (WHI) and Abdominal Circumference (AC), respectively. The results for the negative likelihood ratios corresponded, respectively, to 0.07 and 0.38 for the WHI and AC anthropometric indices. **Conclusions.** It is concluded that the best anthropometric index for the diagnosis of pathological nutritional situations overweight and obesity corresponds to the WHI, since the results of the positive and negative likelihood ratios report sufficient prognostic efficiencies. On the other hand, the results of the positive and negative likelihood ratios report, respectively, negligible prognostic efficiency and poor prognostic efficiency for AC.

**Keywords:** Likelihood ratios, Waist/Height Index, Abdominal Circumference Index, Overweight, Obesity

## 1. Introducción

La incidencia de la obesidad a escala mundial se ha convertido en un grave y creciente problema de salud pública que alcanza, en algunos países, proporciones alarmantes y hasta el momento ninguna de las estrategias desarrolladas para combatirla se ha demostrado resolutoria, por lo que es urgente abordar el problema con nuevos enfoques. Actualmente, en el estudio de la cronobiología se ha demostrado que nuestra fisiología se adapta continuamente a los cambios cíclicos del ambiente, sean estos diarios o estacionales, debido a la presencia de un reloj biológico en nuestro hipotálamo que regula la expresión y actividad de enzimas y hormonas implicadas en la regulación del metabolismo, así como de todas las funciones homeostáticas. Se ha observado que este reloj puede alterarse debido al estilo de vida moderno que implica una baja actividad física durante el día e ingesta abundante de comida durante la noche, entre otros factores, que promueven todos ellos el síndrome metabólico y la obesidad. Por tanto, el objetivo de este estudio fue resumir los hallazgos recientes que demuestran el efecto de la alteración circadiana sobre el metabolismo y cómo ésta puede participar en el desarrollo de enfermedades metabólicas (Saderi *et al.*, 2013).

Las situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Una forma simple de medir la obesidad es el índice de masa corporal (IMC), esto es el peso de una persona en kg dividido entre el cuadrado de la estatura en m. Una persona con un  $IMC \geq 25.00 \text{ kg/m}^2$  es considerada con sobrepeso y con un  $IMC \geq 30.00 \text{ kg/m}^2$  es considerada obesa. El sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo para numerosas enfermedades crónicas entre las que se incluyen la diabetes mellitus tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016), alguna vez considerados problemas de países con ingresos altos, el sobrepeso y la obesidad están en aumento en los países con ingresos bajos y medios, especialmente en las áreas urbanas.

A continuación, se presentan algunas estimaciones recientes de la OMS a nivel mundial: 1. En 2016, más de 1,900 millones de adultos de 18 y más años tenían sobrepeso, de los cuales más de 650 millones eran obesos; 2. En 2016, el 39.5% de los adultos de 18 y más años (39% de los hombres y 40% de las mujeres) tenían sobrepeso; y 3. En general, en 2016, alrededor del 13% de la población adulta mundial (11% de los hombres y 15% de las mujeres) eran obesos. Entre 1975 y 2016, la prevalencia mundial de

la obesidad se ha casi triplicado. En África, el grupo de 0–4 años con sobrepeso ha aumentado cerca de un 50% desde el año 2000. En ese mismo año, cerca de la mitad de los niños de 0–4 años con sobrepeso u obesidad vivían en Asia. En 2016, había más de 340 millones de niños y adolescentes con sobrepeso u obesidad. La prevalencia del sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes ha aumentado de forma espectacular, del 4% en 1975 a más del 18% en 2016. Este aumento ha sido similar en ambos géneros: 18% de niñas y 19% de niños con sobrepeso. Mientras que en 1975 había menos de 1% de niños y adolescentes con obesidad, en 2016 eran 124 millones (un 6% de las niñas y un 8% de los niños). A nivel mundial, el sobrepeso ( $25.00 \text{ kg/m}^2 \leq \text{IMC} \leq 29.99 \text{ kg/m}^2$ ) y la obesidad ( $\geq 30.00 \text{ kg/m}^2$ ) están vinculados con un mayor número de defunciones que la insuficiencia ponderal ( $\leq 18.49 \text{ kg/m}^2$ ). En general, hay más personas obesas que con peso inferior al normal. Ello ocurre en todas las regiones, excepto en partes de África subsahariana y Asia (OMS, 2016).

La obesidad es un problema de salud pública mundial en el cual aproximadamente 1,700 millones de adultos padecen sobrepeso y 312 millones, obesidad. Uno de los estudios diseñado para describir la magnitud y la distribución de los factores de riesgo asociados a la enfermedad cardiovascular y la obesidad es el Proyecto Multinacional para la Vigilancia de Tendencias y Factores Determinantes de las Enfermedades Cardiovasculares (MONICA) desarrollado en 48 ciudades. En este proyecto se encontró que la mayoría de las ciudades incluidas tenían una prevalencia de sobrepeso y obesidad superior al 50%, y en algunos países como los Estados Unidos de América, Egipto y Rusia, la obesidad se presentó hasta en el 30% de la población. Aunque para el continente americano no se tienen datos disponibles, para todos los países se sabe que la magnitud del problema es similar en Canadá, los Estados Unidos de América y México, mientras que países como Brasil tienen una prevalencia de obesidad de tan solo 8.3% (WHO MONICA, 1989).

La OMS y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), así como diversos gobiernos, han reconocido la necesidad de considerar el problema de la obesidad como prioritario. De hecho, la OMS en las últimas dos décadas ha trabajado intensamente en su prevención y control publicando dos informes técnicos en los años 1990 y 2000 (WHO, 1990; WHO, 2000).

La Secretaría de Salud, el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) llevaron a cabo el levantamiento de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2018 con el objeto de conocer el estado de salud y las condiciones nutricionales de la población en México. En 2018, el 44.5% de los hogares en México se identificaron con seguridad alimentaria. En contraparte, el 22.6% presentó inseguridad alimentaria moderada y severa y el 32.9% restante inseguridad leve. A nivel nacional, en 2018, el porcentaje de adultos de 20 y más años con sobrepeso y obesidad es de 75.2% (39.1% sobrepeso y 36.1% obesidad), porcentaje que en 2012 fue de 71.3 por ciento (INEGI 2018; INSP 2018).

Desde un enfoque epidemiológico, la obesidad puede considerarse como un factor de riesgo para el desarrollo de algunas enfermedades, o bien, como una enfermedad por sí misma. Básicamente, los factores de riesgo para el desarrollo de la obesidad son los genéticos, los fisiológicos y los ambientales incluyendo los estilos de vida no–saludable. Los estilos de vida no–saludable constituyen los que más influencia tienen como factores de riesgo para el desarrollo o no de la obesidad (Tapia and Kuri, 1999).

No existe un método de estimación de la composición corporal que tenga suficiente precisión estadística para considerarse método de referencia contra el que validar otros métodos. Por este motivo conviven distintos métodos que presentan diversas ventajas y desventajas seleccionando el investigador el que mejor se adapte a sus necesidades. Las ecuaciones más utilizadas para la estimación del peso corporal ideal (PCI) son la de Broca, la de Devine, la de Hamwi, la de Lemmens, la de Lorentz, la de Miller, la de la Metropolitan Life Insurance Company, la de Perroult y la de Robinson (Mataix, 2009).

Es importante enfatizar que las propiedades de una prueba diagnóstica que nos permiten cuantificar la magnitud y el sentido del cambio de la probabilidad previa o prevalencia a las probabilidades posteriores son las razones de verosimilitud positiva y negativa. En la práctica, si se conoce o si se puede determinar la probabilidad previa o prevalencia de una determinada enfermedad o evento de interés y se conocen las razones de verosimilitud positiva y negativa de la prueba diagnóstica se puede utilizar el "Nomograma de Fagan" para determinar las probabilidades posteriores. En el Nomograma de Fagan la columna izquierda representa la probabilidad previa o prevalencia, la columna del centro representa las razones de verosimilitud positiva y negativa y la columna de la derecha representa las probabilidades posteriores. Trazando una línea recta, con una regla, se unen los dos primeros valores y puede determinarse así las probabilidades posteriores. En el Nomograma de Fagan los cambios más significativos en la probabilidad de enfermedad o evento de interés ocurren con pruebas diagnósticas que tienen valores de razón de verosimilitud positiva  $> 10.00$  o valores de verosimilitud negativa  $< 0.10$  los cuales usualmente son muy útiles para confirmar o descartar la determinada enfermedad o evento de interés.

El Nomograma de Fagan es una herramienta útil para calcular las probabilidades posteriores una vez que se conoce la probabilidad previa o prevalencia y las razones de verosimilitud positiva y negativa. La probabilidad previa suele ser conocida y no es más que la prevalencia de la enfermedad que se quiere diagnosticar en el grupo del cual procede el paciente. La razón de verosimilitud se calcula como el cociente de Sensibilidad / (1 – Especificidad). Puede así obtenerse la probabilidad posterior que será la que determine la necesidad de más pruebas diagnósticas o el inicio del tratamiento en caso de resultados positivos, o nos permite descartar razonablemente la enfermedad en caso de resultados negativos de la prueba (Aznar–Orovala *et al.*, 2013).

En el presente estudio se utilizó como prueba de referencia, estándar de oro o *Gold Standard* la Ecuación de la Metropolitan Life Insurance Company (Compañía Metropolitana de Seguros de Vida) la cual proporciona el PCI para ambos géneros:  $PCI = 50 [0.75 \times (\text{Estatura (cm)} - 150)]$  (Metropolitan Life Insurance Company, 1983). En este estudio se establecieron las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula ( $H_0$ ). No hay evidencia estadísticamente significativa al nivel de significación o nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% para concluir que la sensibilidad, la especificidad y la seguridad del ICE sean diferentes de la sensibilidad, la especificidad y la seguridad de la CA:  $\chi^2_p(\alpha = 0.0500; g = 1) < 3.8416; p > 0.0500$ .

Hipótesis alterna ( $H_1$ ). Hay evidencia estadísticamente significativa al nivel de significación o nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% para concluir que la sensibilidad, la especificidad y la seguridad del ICE son diferentes de la sensibilidad, la especificidad y la seguridad de la CA:  $\chi^2_p(\alpha = 0.0500; g = 1) \geq 3.8416; p \leq 0.0500$ .

Hipótesis nula ( $H_0$ ). Las razones de verosimilitud positiva y negativa de los índices antropométricos ICE y CA son iguales.

Hipótesis alterna ( $H_1$ ). Las razones de verosimilitud positiva y negativa de los índices antropométricos ICE y CA son diferentes.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar si cada uno de los índices antropométricos ICE y CA tiene o no eficiencia pronóstica suficiente o, al menos, eficiencia pronóstica moderada combinando la sensibilidad y la especificidad en una sola expresión mediante las razones de verosimilitud positiva y negativa.

## 2. Materiales y Métodos

### Enfoque epistemológico

Enfoque cuantitativo, enfoque probabilístico o enfoque positivista (Hernández–Sampieri *et al.* 2006).

### Diseño de estudio

Estudio epidemiológico observacional descriptivo de corte transversal sin direccionalidad y con temporalidad prospectiva (Hernández–Ávila, 2007).

### Universo de estudio

El estudio se realizó en 300 pacientes [119 (39.67%) del género masculino y 181 (60.33%) del género femenino] de 18–64 años que acudieron para atención médica (no atención médica de control) al Hospital Integral "José María Morelos" del municipio maya de José María Morelos, Quintana Roo, México, en el período comprendido de agosto 1 de 2017 a julio 31 de 2018.

### Definiciones operacionales de las variables

**Peso ideal.** Se define como el peso corporal que confiere la mayor esperanza de vida a una persona (Mataix, 2009).

**Prueba diagnóstica.** Cualquier procedimiento que pretende establecer en un paciente la presencia de cierta situación, supuestamente patológica, no susceptible de ser observada directamente con alguno de los cinco sentidos (Ruiz and Morrillo, 2004).

**Prueba de referencia, estándar de oro o *Gold Standard*.** Constituye la mejor alternativa diagnóstica existente para estudiar una enfermedad o evento de interés en términos de sensibilidad, de especificidad, de seguridad y de valores predictivos positivo y negativo (Manterola, 2009). Ecuación de la Metropolitan Life Insurance Company=  $50 [0.75 \times (\text{Estatura (cm)} - 150)]$  (Metropolitan Life Insurance Company, 1983).

**Razón de verosimilitud (RV).** Se define como la razón entre la probabilidad de tener determinado resultado del test en la población con la condición *versus* la probabilidad de tener el mismo resultado en la población sin la condición. Es decir, la proporción de test positivos en los individuos con la condición en estudio dividido entre la proporción de test positivos en los individuos sin la condición en estudio. Indica, en términos sencillos, la magnitud y el sentido del cambio de la probabilidad previa o prevalencia a probabilidad posterior según sea el resultado del test diagnóstico (Jaeschke *et al.*, 2002; Deeks and Altman, 2004).

La RV constituye un procedimiento valioso para evaluar una prueba diagnóstica. También denominada *likelihood ratio* (LR) o índice de eficiencia pronóstica (IEP) combina la sensibilidad y la especificidad en una sola expresión. Cada prueba diagnóstica se encuentra caracterizada por dos razones de verosimilitud: 1. La razón de verosimilitud positiva (RV+); y 2. La razón de verosimilitud negativa (RV-) (Donis, 2012).

**RV+.** Es el cociente obtenido entre los verdaderos positivos (Sensibilidad) y los falsos positivos (1 – Especificidad). Se expresa siempre como proporción (hasta décimas, o bien, hasta centésimas). La RV+ responde a la siguiente fórmula:  $\text{Sensibilidad} / (1 - \text{Especificidad})$  (Ruiz and Morrillo, 2004). Una  $RV+ > 1$  indica que existe una elevada probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad y mientras más elevado sea el valor obtenido mayor será la probabilidad de tener la enfermedad (Grimes and Schulz, 2005).

**RV-.** Es el cociente obtenido entre los falsos negativos (1 – Sensibilidad) y los verdaderos negativos (Especificidad). Una  $RV- < 1$  disminuye la probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad o evento de interés (Gordis, 2004).

**Nomograma de Fagan**-. Una forma más práctica de traducir la razón de verosimilitud de un test en un cambio objetivo de la probabilidad previa o prevalencia a probabilidades posteriores de un paciente determinado es utilizando el Nomograma de Fagan (Fagan, 1975). Si se ha estimado la probabilidad previa o prevalencia en determinado paciente y se conocen las razones de verosimilitud positiva y negativa del test diagnóstico basta con unir, con una regla, los puntos correspondientes de las tres columnas del Nomograma. La columna izquierda del Nomograma representa la probabilidad previa o prevalencia, la columna del centro las razones de verosimilitud positiva y negativa y la de la derecha las probabilidades posteriores (Jaeschke *et al.*, 2002; Deeks and Altman, 2004).

**Índice Cintura/Estatura (ICE)**. Es definido como el cociente entre la circunferencia de la cintura y la estatura, ambas medidas en las mismas unidades. El ICE es una medida de la distribución de la grasa corporal. Valores más altos del ICE indican mayor riesgo de obesidad relacionado con enfermedades cardiovasculares correlacionadas con la obesidad abdominal de un modo más preciso que el IMC (Isomaa *et al.*, 2001; Grundy, 2008).

**Circunferencia Abdominal (CA)**. Se define como el mínimo perímetro de la cintura. Existen diversos criterios para la evaluación del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares según el valor de la CA. La OMS, en 1997, propuso puntos de corte o umbrales para la identificación de personas en riesgo estableciendo las siguientes tres categorías: 1. Bajo riesgo  $\leq 93$  cm para el género masculino e  $\leq 79$  cm para el género femenino; 2. Riesgo incrementado  $94 \text{ cm} \leq CA \leq 101$  cm para el género masculino y  $80 \text{ cm} \leq CA \leq 87$  cm para el género femenino; y 3. Alto riesgo  $\geq 102$  cm para el género masculino e  $\geq 88$  cm para el género femenino. Para medir la CA tan sólo se requiere de una cinta métrica. Para ello es necesario colocarse con el torso desnudo, los pies juntos y delante de un espejo para así asegurar que la medición se realiza correctamente. Se relaja el abdomen y se rodea la cintura con la cinta métrica a la altura del ombligo sin presionar (WHO, 2000).

#### **Técnicas y procedimientos**

Los datos fueron captados en el Departamento de Archivo Clínico del Hospital Integral "José María Morelos" del municipio maya de José María Morelos, Quintana Roo, México. El Hospital Integral "José María Morelos" pertenece a la Jurisdicción Sanitaria N° 3 del estado mexicano de Quintana Roo. La Jurisdicción Sanitaria N° 3 se encuentra en el municipio maya de Felipe Carrillo Puerto.

#### **Procesamiento de los datos**

En la etapa de elaboración los datos fueron revisados (control de calidad de la información); clasificados (en escalas cualitativa y cuantitativa); computarizados (se utilizó el software IBM SPSS Statistics para Windows, Versión 22); presentados (en Tablas y en Figuras); y resumidos (se utilizaron las medidas de resumen correspondientes para datos clasificados en escalas cualitativa y cuantitativa). En las etapas de análisis e interpretación los datos fueron analizados e interpretados, respectivamente.

Se construyeron tablas de contingencia de  $2 \times 2$  a partir de las cuales se calcularon la sensibilidad, la especificidad, la seguridad, las razones de verosimilitud positiva y negativa con sus correspondientes intervalos de estimación al nivel de confianza del 95% para cada una de las dos pruebas diagnósticas. El estadístico Ji-Cuadrado de Pearson ( $\chi^2_P$ ), corregido por Yates por la continuidad, fue utilizado como prueba de hipótesis o prueba de significación estadística. Se utilizó el software Epi Info para Windows, Versión 7.1.5.2, para la obtención tanto de los valores del estadístico  $\chi^2_P$  como de los valores de las probabilidades ( $p$ ). El criterio aplicado en la realización de las pruebas de hipótesis para la diferencia entre dos porcentajes se basó en las siguientes recomendaciones formuladas por Cochran (Cochran, 1954): 1. Cuando  $N > 40$  utilice la prueba  $\chi^2_P$ ; 2. Cuando  $20 \leq N \leq 40$  utilice la prueba  $\chi^2_P$  si, y sólo si, todas las frecuencias esperadas son  $\geq 5$ ; si en alguna celda existe al menos una frecuencia esperada  $< 5$  utilice, entonces, la prueba de la probabilidad exacta de Fisher (PPEF); y 3. Cuando  $N < 20$  utilice la PPEF. Como prueba de referencia fue utilizada la Ecuación de la Metropolitan Life

Insurance Company (Metropolitan Life Insurance Company, 1983) la cual proporciona el PCI para ambos géneros.

### 3. Resultados y Discusión

De acuerdo con la prueba de referencia fueron etiquetados 171 (57.00%) pacientes con sobrepeso y obesidad y 129 (43.00%) pacientes sin sobrepeso y obesidad. De los 171 pacientes etiquetados con sobrepeso y obesidad 56 (32.75%) y 115 (67.25%) pacientes correspondieron a los géneros masculino y femenino, respectivamente. Por otra parte, de los 129 pacientes sin sobrepeso y obesidad 63 (48.84%) y 66 (51.16%) pacientes correspondieron, respectivamente, a los géneros masculino y femenino. En la Tabla 1 se presentan los Índices de Eficiencia Pronóstica según la capacidad de la prueba diagnóstica.

**Tabla 1.** Índices de eficiencia pronóstica según la capacidad de la prueba diagnóstica.

**Table 1.** Prognostic efficiency indices according to the capacity of the diagnostic test.

| Índices de Eficiencia Pronóstica (IEP) | Capacidad de la prueba diagnóstica |
|--|------------------------------------|
| RV(+) $\geq 10.00$                     | Suficiente                         |
| RV(+) $\geq 5.00$                      | Moderada                           |
| RV(+) $\geq 2.00$                      | Escasa                             |
| RV(+) $\geq 1.00$                      | Insignificante                     |
| RV(-) $\leq 0.10$                      | Suficiente                         |
| RV(-) $\leq 0.20$                      | Moderada                           |
| RV(-) $\leq 0.50$                      | Escasa                             |
| RV(-) $< 1.00$                         | Insignificante                     |
| RV(-) $> 0.10$                         | Moderada                           |
| RV(-) $> 0.20$                         | Escasa                             |
| RV(-) $> 0.50$                         | Insignificante                     |

FUENTE: Molinero, 2002; Loong, 2003; Centre for Evidence-Based Medicine, 2009

Las frecuencias absolutas de los 300 pacientes por positividad y negatividad según la prueba diagnóstica ICE y por situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad según la prueba de referencia se presentan en la Tabla 2. La sensibilidad, la especificidad, la seguridad y las razones de verosimilitud positiva y negativa correspondieron, respectivamente, a 0.9357, 0.9302, 0.9333, 13.41 y 0.07.

**Tabla 2.** Frecuencias absolutas de los 300 pacientes por positividad y negatividad según la prueba diagnóstica Índice Cintura/Estatura y por situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad según la prueba de referencia.

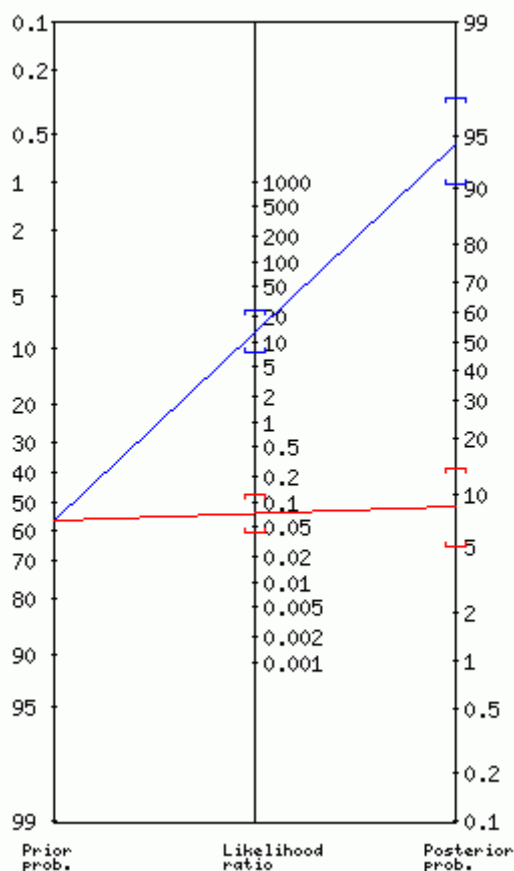
**Table 2.** Absolute frequencies of the 300 patients by positivity and negativity according to the Waist/Height Index diagnostic test and by overweight and obesity pathological nutritional situations according to the reference test.

| ÍNDICE<br>CINTURA/ESTATURA<br>(en unidades) | Prueba de referencia. Ecuación de la<br>Metropolitan Life Insurance Company |                    | Totales             |
|---|---|--------------------|---------------------|
|   | Sobrepeso y Obesidad  |                    |                     |
|   | Presente  | Ausente            |                     |
| Positividad > 0.5                           | 160 (52 ♂ y 108 ♀)  | 9 (1 ♂ y 8 ♀)      | 169 (53 ♂ y 116 ♀)  |
| Negatividad ≤ 0.5                           | 11 (4 ♂ y 7 ♀)  | 120 (105 ♂ y 15 ♀) | 131 (109 ♂ y 22 ♀)  |
| Totales                                     | 171 (56 ♂ y 115 ♀)  | 129 (106 ♂ y 23 ♀) | 300 (162 ♂ y 138 ♀) |

♂= Género masculino; y ♀= Género femenino.

- Prevalencia o probabilidad previa=  $A+C/N= 171/300= 0.5700= 57.00\%$
- Sensibilidad=  $A/A+C= 160/171= 0.9357= 93.57\%$
- Especificidad=  $D/B+D= 120/129= 0.9302= 93.02\%$
- Seguridad=  $A+D/N= 160+120/300= 280/300= 0.9333= 93.33\%$
- Razón de verosimilitud positiva=  $\text{Sensibilidad} / 1 - \text{Especificidad}= 0.9357 / 1 - 0.9302= 0.9357 / 0.0698= 13.41= \text{Eficiencia pronóstica suficiente}$
- Intervalo de estimación al nivel de confianza del 95% para la razón de verosimilitud positiva= 7.13→25.00
- Razón de verosimilitud negativa=  $1 - \text{Sensibilidad} / \text{Especificidad}= 1 - 0.9357 / 0.9302= 0.0643 / 0.9302= 0.07= \text{Eficiencia pronóstica suficiente}$
- Intervalo de estimación al nivel de confianza del 95% para la razón de verosimilitud negativa= 0.04→0.12

En la Fig. 1 se presentan la probabilidad previa o prevalencia (columna de la izquierda), las razones de verosimilitud positiva y negativa (columna del centro) y las probabilidades posteriores (columna de la derecha). La probabilidad previa o prevalencia, las razones de verosimilitud positiva y negativa y las correspondientes probabilidades posteriores correspondieron, respectivamente, a 57.00%, 13.41, 0.07, 95.00% y 8.00%.



**Fig. 1.** Probabilidad previa (columna de la izquierda), razones de verosimilitud positiva y negativa (columna del centro) y probabilidades posteriores (columna de la derecha) para la prueba diagnóstica índice cintura/estatura según el Nomograma de Fagan.

**Fig. 1.** Prior probability (left column), positive and negative likelihood ratios (center column) and posterior probabilities (right column) for the waist/height index diagnostic test according to the Fagan Nomogram.

#### Interpretación del Nomograma de Fagan

Prevalencia o probabilidad previa= 57.00%

#### PRUEBA POSITIVA:

Razón de verosimilitud positiva= 13.41

Probabilidad posterior= 95.00%

Aproximadamente 1 paciente de cada 1.1 con prueba positiva está enfermo, es decir, 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba positiva está enfermo.

#### PRUEBA NEGATIVA:

Razón de verosimilitud negativa= 0.07

Probabilidad posterior= 8.00%

Aproximadamente 1 paciente de cada 1.1 con prueba negativa está sano, es decir, 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba negativa está sano.



En la Tabla 3 se presentan las frecuencias absolutas de los 300 pacientes por positividad y negatividad según la prueba diagnóstica CA y por situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad según la prueba de referencia. La sensibilidad, la especificidad, la seguridad y las razones de verosimilitud positiva y negativa correspondieron, respectivamente, a 0.8070, 0.5039, 0.6767, 1.63 y 0.38.

**Tabla 3.** Frecuencias absolutas de los 300 pacientes por positividad y negatividad según la prueba diagnóstica Circunferencia Abdominal y por situaciones nutricionales patológicas sobrepeso y obesidad según la prueba de referencia.

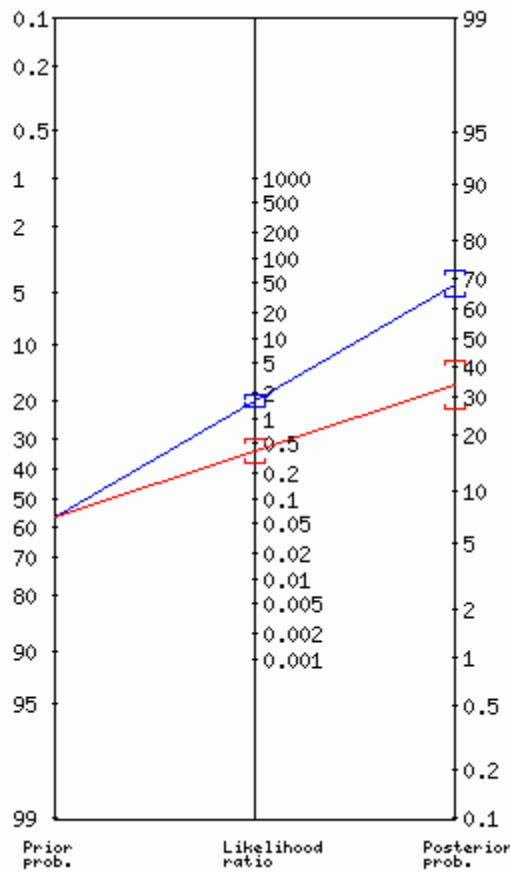
**Table 3.** Absolute frequencies of the 300 patients by positivity and negativity according to the Abdominal Circumference diagnostic test and by overweight and obesity pathological nutritional situations according to the reference test.

| CIRCUNFERENCIA<br>ABDOMINAL<br>(en cm) | Prueba de referencia. Ecuación de la<br>Metropolitan Life Insurance Company |                   | Totales             |
|--|---|-------------------|---------------------|
|  | Sobrepeso y Obesidad  |                   |                     |
|  | Presente  | Ausente           |                     |
| Positividad                            |   |                   |                     |
| Hombres $\geq 102$                     |   |                   |                     |
| Mujeres $\geq 88$                      | 138 (45 ♂ y 93 ♀)   | 64 (6 ♂ y 58 ♀)   | 202 (51 ♂ y 151 ♀)  |
| Negatividad                            |   |                   |                     |
| Hombres $\leq 101$                     |   |                   |                     |
| Mujeres $\leq 87$                      | 33 (11 ♂ y 22 ♀)  | 65 (57 ♂ y 8 ♀)   | 98 (68 ♂ y 30 ♀)    |
| Totales                                | 171 (56 ♂ y 115 ♀)  | 129 (63 ♂ y 66 ♀) | 300 (119 ♂ y 181 ♀) |

♂= Género masculino; y ♀= Género femenino.

- Sensibilidad=  $A/A+C = 138/171 = 0.8070 = 80.70\%$
- Especificidad=  $D/B+D = 65/129 = 0.5039 = 50.39\%$
- Seguridad=  $A+D/N = 138+65/300 = 203/300 = 0.6767 = 67.67\%$
- Razón de verosimilitud positiva=  $\text{Sensibilidad} / 1 - \text{Especificidad} = 0.8070 / 1 - 0.5039 = 0.8070 / 0.4961 = 1.63 = \text{Eficiencia pronóstica insignificante}$
- Intervalo de estimación al nivel de confianza del 95% para la razón de verosimilitud positiva=  $1.35 \rightarrow 1.96$
- Razón de verosimilitud negativa=  $1 - \text{Sensibilidad} / \text{Especificidad} = 1 - 0.8070 / 0.5039 = 0.1930 / 0.5039 = 0.38 = \text{Eficiencia pronóstica escasa}$
- Intervalo de estimación al nivel de confianza del 95% para la razón de verosimilitud negativa=  $0.27 \rightarrow 0.54$

La probabilidad previa o prevalencia (columna de la izquierda), las razones de verosimilitud positiva y negativa (columna del centro) y las probabilidades posteriores (columna de la derecha) se presentan en la Fig. 2. La probabilidad previa o prevalencia, las razones de verosimilitud positiva y negativa y las correspondientes probabilidades posteriores correspondieron, respectivamente, a 57.00%, 1.63, 0.38, 68.00% y 33.00%.



**Fig. 2.** Probabilidad previa (columna de la izquierda), razones de verosimilitud positiva y negativa (columna del centro) y probabilidades posteriores (columna de la derecha) para la prueba diagnóstica circunferencia abdominal según el Nomograma de Fagan.

**Fig. 2.** Prior probability (left column), positive and negative likelihood ratios (center column) and posterior probabilities (right column) for the abdominal circumference diagnostic test according to the Fagan Nomogram.

**Interpretación del Nomograma de Fagan**

Prevalencia o probabilidad previa: 57.00%

**PRUEBA POSITIVA:**

Razón de verosimilitud positiva= 1.63

Probabilidad posterior= 68.00%

Aproximadamente 1 de cada 1.5 pacientes con prueba positiva está enfermo, es decir, 100 (66.67%) de cada 150 pacientes con prueba positiva está enfermo.

**PRUEBA NEGATIVA:**

Razón de verosimilitud negativa= 0.38

Probabilidad posterior= 33.00%

Aproximadamente 1 paciente de cada 1.5 con prueba negativa está sano, es decir, 100 (66.67%) pacientes de cada 150 con prueba positiva está sano.

Los contrastes estadísticos de las sensibilidades, las especificidades y las seguridades de los índices antropométricos según valores del estadístico Ji-Cuadrado de Pearson ( $\chi^2_p$ ), corregido por Yates por la continuidad, valores de las probabilidades ( $p$ ) e interpretaciones estadísticas se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Contrastes estadísticos de las sensibilidades, las especificidades y las seguridades de los índices antropométricos ICE y CA según valores del estadístico Ji-Cuadrado de Pearson corregido por Yates por la continuidad, valores de las probabilidades ( $p$ ) e interpretaciones estadísticas.

**Table 4.** Statistical contrasts of sensitivities, specificities, and assurances of the ICE and CA anthropometric indices according to values of the Pearson Chi-Square statistic corrected by Yates for continuity, probability values ( $p$ ) and statistical interpretations.

| Contrastes estadísticos | $\chi^2_p$ | $p$    | Interpretaciones estadísticas |
|-------------------------|------------|--------|-------------------------------|
|                         |            |        | <b>Sensibilidades</b>         |
| ICE versus CA           | 18.5026    | 0.0003 | Significativa                 |
|                         |            |        | <b>Especificidades</b>        |
| ICE versus CA           | 55.7074    | 0.0000 | Significativa                 |
|                         |            |        | <b>Seguridades</b>            |
| ICE versus CA           | 61.3261    | 0.0000 | Significativa                 |

ICE= Índice Cintura/Estatura; CA= Circunferencia Abdominal;  $\chi^2_p$ = Estadístico Ji-Cuadrado de Pearson, corregido por Yates por la continuidad; y  $p$ = Probabilidades.

Los resultados observados indican que el ICE es la prueba diagnóstica que tiene la mayor capacidad para identificar correctamente a quienes SÍ padecen la enfermedad (Sensibilidad) (93.57%), la mayor capacidad para identificar correctamente a quienes NO padecen la enfermedad (Especificidad) (93.02%) y la mayor seguridad (93.33%), es decir, el mayor porcentaje de verdaderos positivos y negativos respecto del total de pacientes estudiados.

Con base en los resultados observados se concluye que la prueba diagnóstica con la mayor sensibilidad (93.57%), la mayor especificidad (93.02%) y la mayor seguridad (93.33%) fue el ICE.

Se realizaron los cálculos de las razones de verosimilitud positiva y negativa para determinar si las pruebas tienen o no eficiencia pronóstica suficiente o, al menos, eficiencia pronóstica moderada al combinar la sensibilidad y la especificidad en una sola expresión. El resultado observado para la prueba de la RV+ fue 13.41 para el ICE lo cual indica eficiencia pronóstica suficiente. Sin embargo, el resultado observado para la prueba de la RV+ fue 1.63 para la CA lo cual indica eficiencia pronóstica insignificante.

El resultado observado para la prueba de la RV- fue 0.07 para el ICE lo cual indica eficiencia pronóstica suficiente. Empero, los resultados observados para la prueba de la RV- fue 0.38 para la CA lo cual indica eficiencia pronóstica escasa.

Finalmente, se recomienda la utilización de las razones de verosimilitud positiva y negativa con el objeto de evaluar en forma conjunta la sensibilidad y la especificidad de cualesquier pruebas diagnósticas lo cual, generalmente, no se hace.

Durante mucho tiempo el IMC era el parámetro por excelencia utilizado para evaluar el riesgo cardiovascular y la situación nutricional de las personas; sin embargo, con el tiempo surgieron otros indicadores como el ICE que hoy en día se considera más efectivo que el IMC. Un reciente estudio que analizó los datos de cerca de 3 mil adultos encontró que evaluar la relación entre la cintura y la estatura es más efectivo que el IMC para conocer el riesgo cardiovascular y, al mismo tiempo, más

sencillo pues ni siquiera es necesario contar con báscula o cinta métrica para su medición. Con una simple cuerda o un lazo con el cual podemos marcar nuestra estatura y doblando por la mitad el mismo podemos saber si tenemos la mitad de nuestra estatura como circunferencia de cintura. Si el resultado de dividir la circunferencia de cintura (en cm) entre la estatura (en cm) es  $> 0.5$  indica la presencia de mayor riesgo cardiovascular.

El estudio comprobó que un 12% de las personas que tenían un IMC dentro de valores normales tenían un ICE  $> 0.5$  lo cual indicó que tenían demasiada grasa concentrada en la zona abdominal y ello se asoció a mayores valores de colesterol ( $C_{27}H_{46}O$ ) y de hemoglobina glucosilada (HbA1c) lo cual se vincula a mayor riesgo cardiovascular. Incluso, estos parámetros fueron menores en quienes con un IMC elevado tenían un ICE  $\leq 0.5$ ; por tanto, el IMC que no evalúa la distribución de la grasa corporal puede evaluar erróneamente a un 12% de las personas en riesgo y que, por ello, el ICE resulta más efectivo y práctico. De hecho, desde hace tiempo se sabe que la grasa visceral es más peligrosa que la que se acumula en la región femoroglútea; por ello, visualizar dónde se almacena la grasa en nuestro cuerpo, independientemente de nuestro peso corporal, puede ser más valioso para evaluar el riesgo cardiovascular (Grimes and Schulz, 2005).

De acuerdo a los resultados de una investigación publicada en 2017 por Huamán *et al.*, en una población con edades entre 20–79 años, se reporta la inclusión de 610 adultos [299 (49.02%) hombres y 311 (50.98%) mujeres] residentes del distrito de Trujillo que aceptaron participar en el estudio; se excluyeron a los pacientes con patologías o intervenciones que alteraran la CA; los autores concluyeron que el ICE puede ser utilizado como prueba diagnóstica para el síndrome metabólico para el National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III Report (Informe del Panel III de Tratamiento de Adultos del Programa Nacional de Educación sobre el Colesterol) (ATP III), ya que tiene un alto valor significativo.

Un trabajo de investigación publicado en 2008 por Koch *et al.*, en una muestra ponderada de 13,054 adultos [6,714 (51.43%) hombres y 6,340 (48.57%) mujeres] con edades entre 20–90 años, reporta la relación entre índices antropométricos de adiposidad, factores de riesgo cardiovascular y mortalidad; los índices antropométricos de adiposidad fueron el IMC, la CA, el Índice Cintura/Cadera (ICC) y el ICE los cuales son conocidos por estar asociados a factores de riesgo metabólico; sin embargo, reportan los autores, "es controversial el conocimiento de cuál de ellos es mejor para predecir riesgo cardiovascular y mortalidad"; los autores evaluaron el desempeño de cada índice para detectar hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2 y dislipidemias; el riesgo relativo de mortalidad con intervalos de estimación al nivel de confianza del 95% fue calculado utilizando el método de la regresión logística múltiple controlando por edad y factores de riesgo; en hombres, sólo el ICE mantuvo un riesgo relativo estadísticamente significativo; el riesgo absoluto fue 10.9 (7.7–15.5), cayendo a 3.9 (2.7–5.6) después de ajustar por edad y adicionalmente descendiendo a 2.4 (1.6–3.5) después de controlar por el efecto de otros factores de riesgo; en mujeres, la CA, el ICC y el ICE mantuvieron una asociación significativa, aunque de menor magnitud a la observada en hombres; en ambos géneros, el IMC no mostró efecto independiente sobre la mortalidad después de controlar por edad y otros factores de riesgo; en comparación con otros índices antropométricos, propuestos en la literatura o por agencias internacionales, el ICE presentó la mejor relación sensibilidad–especificidad para predecir un desenlace de mortalidad; comparando puntos de corte de población específicos para el IMC, la CA y el ICC, un valor de ICE  $> 0.5$  presentó mayor Índice de Youden en ambos géneros; los valores más bajos fueron observados para el IMC tanto en población masculina como femenina; finalmente, los autores concluyeron que el ajuste de la CA por la estatura permite predecir con mayor precisión factores de riesgo cardiovascular y mortalidad.

Un estudio publicado en 2008 por Lee *et al.*, tuvo como objetivo el determinar qué índice simple de sobrepeso y obesidad es el mejor discriminador de factores de riesgo cardiovascular. Los datos de

hombres y mujeres se analizaron por separado. Diez estudios cumplieron los criterios de inclusión. El IMC fue el peor discriminador de factores de riesgo cardiovascular. El ICE fue el mejor discriminador de hipertensión arterial, diabetes mellitus tipo 2 y dislipidemias en ambos géneros; los autores concluyeron que la evidencia estadística apoya la superioridad de las medidas de obesidad centralizada, especialmente el ICE sobre el IMC para detectar factores de riesgo cardiovascular tanto en hombres como en mujeres.

Un trabajo de investigación publicado en 2019 por Corrêa *et al.*, tuvo como objetivo evaluar el desempeño del ICE en la identificación de riesgo para la salud en comparación con la matriz de correlación entre los parámetros antropométricos IMC y CA. Se utilizó la regresión de Poisson para verificar la asociación de la hipertensión arterial sistémica con las categorías de riesgo para la salud. Los resultados mostraron que el 26% de los hombres adultos, el 10.4% de las mujeres adultas y más del 30% de los adultos mayores de ambos géneros clasificados como sin riesgo por la matriz de combinación entre el IMC y la CA presentaron una relación entre la circunferencia de cintura y estatura que mostró mayor riesgo. Todas las categorías de riesgo continuaron asociadas a la hipertensión arterial después del control de los factores de confusión, siendo casi dos veces mayor para los adultos con riesgos moderado y alto según ambos métodos. Cuando se utilizó el ICE como indicador de riesgo, la prevalencia de las relaciones de hipertensión para los adultos mayores fue 1.37 (IC95% 1.16–1.63) y 1.35 (IC95% 1.12–1.62) para hombres y mujeres, respectivamente. Los autores concluyeron que el ICE identificó más individuos con riesgo de salud temprano que la matriz de combinación entre el IMC y la CA y mostró una capacidad comparable para identificar el riesgo de salud, independientemente del género y la edad, con respecto a las razones de prevalencia de enfermedades sistémicas.

En 2020, Nevill *et al.*, publicaron un estudio cuyo objetivo fue identificar el mejor índice antropométrico asociado a la adiposidad de cintura. Los seis índices de peso y estado incluyeron el IMC, el ICC, el ICE y una nueva relación cintura/estatura. La asociación entre los tres pliegues cutáneos de la cintura y los seis índices antropométricos se realizó mediante análisis de covarianza, análisis multivariado de varianza, modelos alométricos y regresión no lineal. Los predictores más fuertes de la adiposidad de la cintura fueron: (1°) nueva relación cintura/estatura; (2°) la relación cintura/estatura; (3°) circunferencia de la cintura; (4°) índice de masa corporal; (5°) relación cintura/cadera y, por último, (6°) índice de forma corporal. Los análisis de regresión alométrica y no lineal identificaron que la relación cintura/estatura óptima asociada con la adiposidad de la cintura era (cintura \* estatura – 0.6). Los intervalos de estimación al nivel de confianza del 95% de los exponentes de estatura abarcaron –0.5, pero excluyeron –1.0 asumido por la relación cintura/estatura. Suponiendo que el exceso de adiposidad en la cintura es un factor de riesgo cardiovascular importante, los autores recomiendan que se utilice la nueva relación cintura/estatura para aconsejar a las personas cómo mantener un peso "saludable".

Amirabdollahian and Haghghatdoost, en 2018, publicaron un estudio en donde reportan que los malos hábitos alimenticios de los adultos jóvenes aumentan su riesgo de síndrome metabólico (MetS= unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad). El exceso de adiposidad es el predictor más establecido de unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad y se han propuesto numerosas medidas antropométricas como indicadores indirectos de adiposidad. El objetivo del estudio fue evaluar la prevalencia de unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad en la población de adultos jóvenes y hacer una comparación entre las medidas de adiposidad orientadas al peso y la forma para identificar el mejor índice en asociación con la grasa corporal medida y como un predictor de riesgo de las unidades de medida del índice metabólico que

permiten establecer la intensidad de una actividad. Se reclutaron hombres y mujeres sanos de 18–25 años del noroeste de Inglaterra mediante un muestreo por conveniencia (n= 550).

Como parte de la evaluación de la salud general de los adultos jóvenes, las variables bioquímicas y la adiposidad miden el IMC, la CA, el ICE y el ICC. Se evaluaron el índice de adiposidad corporal, el estimador de adiposidad corporal de la Clínica Universidad de Navarra y el índice de forma corporal. Se utilizó un análisis de regresión lineal para investigar la asociación entre los índices proxy de adiposidad y el porcentaje de grasa corporal medido. La razón de posibilidades con un intervalo de estimación al nivel de confianza del 95% se utilizó para investigar la relación entre los factores de riesgo cardiometabólicos y las medidas sustitutivas de la adiposidad. El poder discriminatorio de estas medidas para el diagnóstico de las unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad se investigó utilizando el área bajo la curva característica de funcionamiento del receptor. Los indicadores de adiposidad relacionados con el peso corporal, en particular el estimador de adiposidad corporal de la Clínica Universidad de Navarra, tuvieron una asociación más fuerte con la grasa corporal medida en comparación con los índices relacionados con la forma del cuerpo. En relación con las unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad, los índices relacionados con la forma corporal, particularmente la CA y el ICE elevados, tuvieron asociaciones más fuertes con el riesgo de factores cardiometabólicos en comparación con las medidas relacionadas con el peso corporal. Entre todos los índices, el mejor predictor del riesgo de factores cardiometabólicos fue el ICE, mientras que el índice de forma corporal tuvo la correlación más débil con la grasa corporal, las unidades de medida del índice metabólico que permiten establecer la intensidad de una actividad y el riesgo de factores cardiometabólicos. Los índices directamente asociados con la CA y específicamente con el ICE tuvieron mayor poder diagnóstico en la detección del riesgo de factores cardiometabólicos en adultos jóvenes.

Nuestros resultados están en concordancia con los resultados observados por otros autores (Grimes and Schulz, 2005; Koch *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2008; Huamán *et al.*, 2017; Amirabdollahian and Haghghatdoost 2018; Corrêa *et al.*, 2019; Nevill *et al.*, 2020).

Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), es decir, hay evidencia estadísticamente significativa al nivel de significación o nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% para concluir que la sensibilidad, la especificidad y la seguridad del ICE son diferentes de la sensibilidad, la especificidad y la seguridad de la CA:  $\chi^2_p(\alpha= 0.0500; gl= 1) \geq 3.8416; p \leq 0.0500$ .

Asimismo, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), es decir, las razones de verosimilitud positiva y negativa son diferentes según Molinero, 2002; Loong, 2003; y el Centre for Evidence–Based Medicine, 2009.

Finalmente, con respecto a los resultados observados utilizando el Nomograma de Fagan, el Índice Cintura/Estatura puede etiquetar aproximadamente a 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba positiva como enfermos y también aproximadamente a 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba negativa como sanos, mientras que la Circunferencia Abdominal tan solo puede etiquetar aproximadamente a 100 (66.67%) pacientes de cada 150 con prueba positiva como enfermos y también aproximadamente a 100 (66.67%) pacientes de cada 150 con prueba positiva como sanos. En consecuencia, se concluye que el Índice Cintura/Estatura es como prueba diagnóstica superior a la Circunferencia Abdominal.

#### 4. Conclusiones

Con base en el objetivo del presente estudio se concluye que el ICE tiene eficiencias pronósticas suficientes cuando se combinaron la sensibilidad y la especificidad en una sola expresión mediante la RV+ y la RV-; RV+= 13.41; RV= 0.07. Por otra parte, siempre con base en el objetivo del presente estudio se concluye que la CA tiene, respectivamente, eficiencias pronósticas insignificante y escasa cuando se combinaron la sensibilidad y la especificidad en una sola expresión mediante la RV+ y la RV-; RV+= 1.63; RV= 0.38.

Con respecto a la formulación de hipótesis se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), es decir, hay evidencia estadísticamente significativa al nivel de significación o nivel de significancia ( $\alpha$ ) del 5% para concluir que la sensibilidad, la especificidad y la seguridad del ICE son diferentes de la sensibilidad, la especificidad y la seguridad de la CA:  $\chi^2_p(\alpha=0.0500; gl=1) \geq 3.8416; p \leq 0.0500$ . Asimismo, se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), es decir, la RV+ y la RV- son diferentes según Molinero 2002, Loong 2003, y el Centre for Evidence-Based Medicine 2009.

Finalmente, con respecto a los resultados observados utilizando el Nomograma de Fagan, el ICE puede etiquetar aproximadamente a 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba positiva como enfermos y también aproximadamente a 100 (90.91%) pacientes de cada 110 con prueba negativa como sanos, mientras que la CA tan solo puede etiquetar aproximadamente a 100 (66.67%) pacientes de cada 150 con prueba positiva como enfermos y también aproximadamente a 100 (66.67%) pacientes de cada 150 con prueba positiva como sanos. En consecuencia, se concluye que el ICE es, como prueba diagnóstica, más eficaz que la CA.

##### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

##### **Financiamiento**

No hubo fuentes de financiamiento para este trabajo.

##### **Responsabilidades éticas**

###### **-Protección de personas y animales**

Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

###### **-Confidencialidad de los datos**

Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

###### **-Derecho a la privacidad y consentimiento informado**

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Intercultural Maya de Quintana Roo y al Hospital Integral "José María Morelos" el apoyo proporcionado para la realización de este trabajo.

Asimismo, agradecemos a dos árbitros anónimos quienes realizaron valiosos comentarios al presente trabajo.

## 6. Referencias

Las referencias siguientes han sido extraídas y se enlazarán con los metadatos del envío.

- Aznar–Orovala, E., Mancheño–Alvarob, A., García–Lozanoa, T., & Sánchez–Yepesa, M. (2013). Likelihood ratio and Fagan's nomogram: two basic tools for the rational use of clinical laboratory tests. *Rev Calid Asist*, 28(6): 390–393. <https://doi.org/10.1016/j.cali.2013.04.002>
- Amirabdollahian, F., & Haghghatdoost, F. (2018). Anthropometric Indicators of Adiposity Related to Body Weight and Body Shape as Cardiometabolic Risk Predictors in British Young Adults: Superiority of Waist–to–Height Ratio. *J Obes*, 1: 8370304. <https://doi.org/10.1155/2018/8370304>
- Centre for Evidence–Based Medicine (CEBM). (2009). Likelihood Ratios. 1–3. <https://bit.ly/39BNYdI>
- Cochran, W.G. (1954). Some methods for strengthening the common x2 tests. *Biometrics*, 10(4): 417–451. <https://doi.org/10.2307/3001616>
- Corrêa, M.M., Facchini, L.A., Thumé, E., Oliveira, E.R.A., Tomasi, E. (2019). The ability of waist–to–height ratio to identify health risk. *Rev Saude Publica*, 23(53): 66. <https://doi.org/10.11606%2Fs1518-8787.2019053000895>
- Deeks, J., & Altman, D. (2004). Diagnostic tests 4: likelihood ratios. *BMJ*, 329: 168–169. <https://doi.org/10.1136/bmj.329.7458.168>
- Donis, J.H. (2012). Evaluación de la validez y confiabilidad de una prueba diagnóstica. *Avances en Biomedicina*, 1(2): 73–81. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331328015005>
- Fagan, T. (1975). Nomogram for Bayes's theorem. *N Engl J Med*, 293: 257. <https://doi.org/10.1056/nejm197507312930513>
- Gordis, L. (2004). *Epidemiology*. Philadelphia: Elsevier Saunders. [https://ak.sbmu.ac.ir/uploads/epidemiology\\_gordis\\_5\\_edi.pdf](https://ak.sbmu.ac.ir/uploads/epidemiology_gordis_5_edi.pdf)
- Grimes, D.A., & Schulz, K.F. (2005). Refining clinical diagnosis with likelihood ratios. *Lancet*, 365(9469): 1500–1505. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)66422-7](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)66422-7)
- Grundty, S. (2008). Metabolic syndrome pandemic. *Arter Trhromb Vasc*, 28: 629–636. <https://doi.org/10.1161/atvbaha.107.151092>
- Hernández–Ávila, M. (2007). *Epidemiología. Diseño y Análisis de Estudios*. México: Editorial Médica Panamericana.
- Hernández–Sampieri, R., Fernández–Collado, C., & Baptista–Lucio, M.P. (2006). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. <https://bit.ly/3sMNO9U>
- Huamán, J., Alvarez, M., Gamboa, L., & Marino, F. (2017). Índice cintura–estatura como prueba diagnóstica del síndrome metabólico en adultos de Trujillo. *Rev Med Hered*, 28(1): 13–20. <https://doi.org/10.20453/rmh.v28i1.3068>
- INEGI. INSP. (2018). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018. <https://bit.ly/3afbRYX>
- Isomaa, B., Almgren, P., Tuomi, T., et al. (2001). Cardiovascular Morbidity and Mortality. *Diabetes Care*, 224(4): 683–688. <https://doi.org/10.2337/diacare.24.4.683>
- Jaeschke, R., Guyatt, G., & Lijmer, J. (2002). Diagnostic Tests. En: Guyatt G, Drummond R, ed. *Users' guides to the medical literature. Essentials of evidence–based clinical practice*. Chicago: Editorial: JAMA Press, 187–217. <https://www.ebcp.com.br/simple/upfiles/livros/005EEBM.pdf>
- Koch, E., Romero, T., Manríquez, L., Taylor, A., Román, C., Paredes, M., Díaz, C., & Kirschbaum, A. (2008). Razón cintura–estatura: un mejor predictor antropométrico de riesgo cardiovascular y mortalidad en adultos chilenos. *Nomograma diagnóstico utilizado en el Proyecto San Francisco*. *Revista Chilena de Cardiología*, 27(1): 23–35. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/128451>



- Lee, C.M., Huxley, R.R., Wildman R.P., & Woodward, M. (2008). Indices of abdominal obesity are better discriminators of cardiovascular risk factors than BMI: a meta-analysis. *J Clin Epidemiol*, 61(7): 646–653. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2007.08.012>
- Loong, T.W. (2003). Understanding sensitivity and specificity with the right side of the brain. *BMJ*, 327(7417): 716–719. <https://doi.org/10.1136%2Fbmj.327.7417.716>
- Manterola, C. (2009). Cómo interpretar un artículo sobre pruebas diagnósticas. *Rev Med Clin Condes*, 20(5): 708–717. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-40262010000300018>
- Mataix–Verdú, J. (2009). *Nutrición y Alimentación Humana. II. Situaciones Fisiológicas y Patológicas*. España: Ergon.
- Metropolitan Life Insurance Company. (1983). Metropolitan height and weight tables. New York. *Stat Bull Metropolitan Life Insurance Company*, 64: 19.
- Molinero, L.M. (2002). Valoración de pruebas diagnósticas. *Asociación de la Sociedad Española de Hipertensión*, 6–7. <https://www.alceingenieria.net/bioestadistica/pdiagnos.pdf>
- Nevill, A.M., Stewart, A.D., Olds, T., & Duncan, M.J. (2020). A new waist–to–height ratio predicts abdominal adiposity in adults. *Res Sports Med*, 28(1): 15–26. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1502183>
- OMS. (2016). Obesidad y sobrepeso. Nota descriptiva N°. 311 <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/>.
- OMS. (2016). Temas de salud: obesidad. [https://www.who.int/es/health-topics/obesity#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/obesity#tab=tab_1)
- Ruiz–Morales, A., & Morrillo–Zarate, L. (2004). *Epidemiología Clínica Investigación Aplicada*. Bogotá DC Colombia: Editorial Médica Panamericana.
- Saderi, N., Escobar, C., & Salgado–Delgado, R. (2013). La alteración de los ritmos biológicos causa enfermedades metabólicas y obesidad. *Rev Neurol*, 57: 71–78. <https://doi.org/10.33588/rn.5702.2013007>
- Tapia–Conyer, R., & Kuri–Morales, P. (1999). Epidemiología de la obesidad en México. *Gac Med Mex*, 135(5): 477–479. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=27631>
- WHO MONICA. (1989). Project: risk factors. *Int J Epidemiol*, 18(Suppl 1): S46–S55. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2807707/>
- WHO. (1990). World Health Organization Study Group. Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases. Ginebra: WHO (Technical Report Series 797), 203. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/39426>
- WHO. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. Ginebra: WHO. (Technical Report Series 894), 203. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42330>

2020 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

# Efecto promotor del crecimiento micelial de *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. en condiciones *in vitro* de extractos acuosos y etanólico de dos especies de *Cylindropuntia*

Growth promoting effect on the mycelia of *Fusarium* sp. and *Aspergillus* sp. *in vitro* condition of aqueous and ethanolic extracts from two species of *Cylindropuntia*

**Andrea Cid-Lucero<sup>1</sup>, Raquel González-Fernández<sup>1</sup> y José Valero-Galván<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez; Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Av. Plutarco Elías Calles #1210 FOVISSSTE Chamizal, Ciudad Juárez, Chihuahua, México, C.P. 32310.

\*Correspondencia: Correo electrónico: [jose.valero@uach.mx](mailto:jose.valero@uach.mx) (José Valero Galván)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.641>

Recibido: 5 octubre 2020; Aceptado: 29 enero 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

## Resumen

En el presente estudio se evaluó el efecto de los extractos acuosos (decocción y maceración acuosa) y etanólico de dos especies del género *Cylindropuntia* sobre el crecimiento micelial de *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. en condiciones *in vitro*. Los extractos se realizaron de cladodios de *C. imbricata* y *C. leptocaulis* en tres concentraciones (10 %, 20 % y 30 %) y se añadieron a cajas Petri para formar un medio de cultivo extracto-agar nutritivo. Los medios de cultivo se inocularon con las diferentes cepas fitopatógenas y se incubaron por 10 días y se midió el crecimiento del micelio de cada una de las cepas en cada uno de los tratamientos y cada concentración cada 24 horas. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los extractos de las plantas. *C. imbricata* presentó una mayor estimulación del crecimiento micelial con respecto a la obtenida de *C. leptocaulis*. *Aspergillus* sp. fue la cepa que presentó el mayor crecimiento micelial y *Fusarium* sp. presentó un menor crecimiento. El extracto etanólico presentó un mayor porcentaje de crecimiento micelial, seguido de los extractos obtenidos de la decocción y los que presentaron un menor crecimiento micelial fueron los obtenidos por maceración acuosa. Las concentraciones del 30 % fueron las que presentaron un mayor crecimiento micelial, seguida de las concentraciones del 20 %, y finalmente las concentraciones del 10 %. Nosotros concluimos que estos extractos no presentaron un efecto inhibitorio en el crecimiento de micelio de estos hongos fitopatógenos; al contrario, los extractos de ambas especies estimularon el crecimiento de estos hongos.

**Palabras clave:** *C. imbricata*, *C. leptocaulis*, Cactaceae, extractos, crecimiento micelial.

## Abstract

In the present study, the effect of the aqueous extracts (decoction and aqueous maceration) and ethanolic (ethanolic maceration) of two species of the genus *Cylindropuntia* was evaluated on the mycelial growth of *Fusarium* sp. and *Aspergillus* sp. under in vitro conditions. The extracts were made from the shoots of *C. imbricata* and *C. leptocaulis*, and added to Petri dishes at 10 %, 20 %, and 30 % to form an extract-nutrient agar culture medium. The culture mediums were inoculated with the different phytopathogenic strains and incubated for 10 days and the growth of the mycelium of each of the strains was measured in each of the treatments and concentration every 24 hours. The results showed significant differences between the plant extracts. *C. imbricata* presented the greater stimulation of mycelial growth than the obtained from *C. leptocaulis*. *Aspergillus* sp. was the strain that showed the highest mycelial growth, while *Fusarium* sp. presented a lower growth. Likewise, the ethanolic extract presented the higher percentage of mycelial growth, followed by the extracts obtained from the decoction and aqueous maceration. The concentrations of 30 % were those that showed the highest mycelial growth, followed by concentrations of 20 %, and finally concentrations of 10 %. We concluded that these extracts did not show an inhibitory effect on the growth of mycelium; on the contrary, the extracts of both species stimulated the growth of these two phytopathogenic fungi.

**Keywords:** *C. imbricata*, *C. leptocaulis*, Cactaceae, extracts, mycelial growth.

## 1. Introducción

Las cactáceas son plantas suculentas que presentan distintas formas. Pueden ser arbóreas o arbustivas, ramificadas o no ramificadas, globosos o columnares y de hábitos epifitos, trepadoras o litófitas. La mayoría carecen de hojas verdes aplanadas con capacidad fotosintética, pero en algunos géneros persisten en algunas etapas de desarrollo. Se ha documentado que esta familia está compuesta por alrededor de 1500 y 1600 especies, distribuidas entre 110 a 122 géneros (Lebgue *et al.*, 2011), sin embargo, otros autores mencionan que son 124 (Pinto and Scio, 2014). En México habitan 669 especies reconocidas que corresponden a 63 géneros (Lebgue *et al.*, 2011). Los géneros más representativos son *Mammillaria*, *Echinocereus*, *Coryphantha*, *Opuntia*, *Ferocactus* y *Cylindropuntia* (Hunt, 2016).

Las especies del género *Cylindropuntia* son arbustos o árboles pequeños, muy ramificados, con segmentos carnosos, firmemente unidos o fáciles de desprender. Presentan formas cilíndricas a ligeramente claviformes de no más de 50 cm de largo, rectas y glabras. Las areolas presentan numerosos gloquidios con presencia de espinas, las cuales están envueltas en una epidermis entera de hoja caduca. Las espinas presentan una gran variedad de formas, desde rectas con forma de aguja hasta curvas y suaves; además pueden estar aplanadas sólo basalmente. Se caracterizan por presentar segmentos o cladodios cilíndricos y la presencia de vainas como papel en las espinas (Pinkava, 1999; Anderson, 2001; Baker *et al.*, 2012). La reproducción sexual es vegetativa, la cual se da a través de segmentos de tallo, que se dispersan ocasionalmente por zoocoria y por anemocoria (Anderson, 2001; Martínez and Molina, 2013). Los segmentos se postran y enraízan; a otros les emergen raíces laterales (Anderson, 2001; Martínez and Molina, 2013).

Este género es nativo de América del Norte, del cual 30 especies se encuentran registradas en México (Hunt, 2016), siendo el estado de Chihuahua donde se distribuyen especies como *Cylindropuntia imbricata*, *C. kleiniae*, *C. leptocaulis* y *C. spinosior* (Guzmán and Arias, 2003). En otras regiones del mundo las *Cylindropuntias* forman parte de la vegetación introducida, donde se considera junto con

otros géneros como invasivos, siendo plantas oportunistas que invaden regiones con vegetación fluctuante, como son las zonas perturbadas por actividades agrícolas como pastizales dedicados a la ganadería y agricultura, y las dedicadas a la extracción del agua (Deltoro-Torró *et al.*, 2014). Se presentan en varios ecosistemas provocando el desplazamiento de especies nativas. Algunas de las especies invasoras son *C. imbricata*, *C. fulgida v. fulgida*, *C. leptocaulis*, *C. prolifera*, *C. rosea* y *C. palida* (Deltoro-Torró *et al.*, 2014). Sin embargo, tienen diversos usos según la región en la que se desarrollan, ya que se utilizan como setos debido a su naturaleza espinosa. Los cladodios secos se utilizan para la fabricación de artesanías, por ser leñosos y presentar orificios que le dan un carácter ornamental, y los gloquidios y espinas se utilizan ceremonialmente. Su goma se ha utilizado como goma de mascar; en época de sequía los frutos se usan como forraje así como los cladodios después de quemar las espinas (Anderson, 2001; Bustamante and Búrquez, 2005).

Los hongos fitopatógenos producen importantes pérdidas en la producción agrícola nacional, principalmente después de la postcosecha y del almacenamiento de las frutas, semillas y verduras, debido a que éstos afectan a su valor nutritivo por la producción de micotoxinas (Domijan *et al.*, 2005; Koirala *et al.*, 2005). En nuestro país, esta pérdida en productividad se debe principalmente a hongos fitopatógenos de los géneros *Alternaria* spp., *Botrytis* spp., *Aspergillus* spp., *Rhizopus* spp., *Fusarium* spp. y *Penicillium* spp. (Pose *et al.*, 2004; Lopes and Martins, 2008). Uno de los métodos más usados para el control de estos hongos es el uso de fungicidas sintéticos, no obstante, estos han provocado el desarrollo de mecanismos de resistencia a estos productos. Además, estos generan residuos tóxicos en los alimentos y en el ambiente poniendo en riesgo a la población (Angulo *et al.*, 2009).

En la actualidad se están buscando opciones más amigables con el medioambiente en el control de estos hongos fitopatógenos, como es la utilización de extractos de plantas silvestres abundantes en las zonas de interés agrícola, que tienen compuestos con actividad biocida. Entre los métodos de extracción se encuentran aquellos que obtienen extractos acuosos, acetónicos, etanólicos y aceites esenciales (Gamboa *et al.*, 2003; López *et al.*, 2005; Guerrero *et al.*, 2007). Estos extractos presentan compuestos de origen natural, los cuales forman parte de las estrategias de defensa que usan las plantas para defenderse de organismos fitopatógenos proporcionándoles características antivirales, antimicrobianas o repelentes. Estos se agrupan como compuestos nitrogenados, fenólicos y terpenoides (Pandey and Tripathi, 2014).

Algunos estudios donde se utilizan este tipo de extractos obtenidos de especies de cactáceas han mostrado un efecto antifúngico en hongos de importancia médica y ambientales. Zapata *et al.* (2003) evaluaron los extractos etanólicos desgrasados, etanólicos sin desgrasar y acuosos de cladodios de *Cereus deficiens* mediante análisis cualitativos, encontrando que estos presentaban aceites esenciales, polifenoles, taninos y saponinas. Además, cuando estos se evaluaron sobre el crecimiento micelial de *Phytophthora infestans*, *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici, *F. oxysporum* f. sp. cubense, *Lasiodiplodia theobromae*, *Sclerotium rolfsii*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *F. moniliforme*, *Alternaria solani*, *Rhizoctonia solani* y *Bipolaris maydis* se observó una reducción del crecimiento micelial en los diez hongos analizados, especialmente para las cepas de *P. infestans* y *S. rolfsii*, con porcentajes de inhibición del 70 a 94 % en el crecimiento micelial. En otro estudio, los extractos metanólicos de *Stenocereus pruinosus* y *Equinocereus stramineus* presentaron en su composición alcaloides, triterpenos, saponinas y flavonoides. Cuando estos se evaluaron sobre el crecimiento micelial de hongos dermatofitos como *Microsporum gypseum*, *M. canis*, *M. nanum* y *M. cookei* se observó que los extractos de *S. pruinosus* presentaron la mejor inhibición a dosis inferiores de 125 mg/mL (Treviño *et al.*, 2012). En un estudio similar los extractos metanólicos de *Ariocarpus kotschoubeyanus* y *A. retusus* presentaron compuestos con grupos carbonilos, oxidrilos fenólicos, esteroides y metilesteroides, cumarinas, sesquiterpenlactonas, saponinas, flavonoides y alcaloides. Cuando se evaluaron sobre el crecimiento micelial de hongos dermatofitos *M. gypseum* y *M. nanum*, el extracto metanólico de *A.*

*retusus* mostró una mayor actividad antifúngica sobre ambas cepas a una concentración de 738 mg/mL (Rodríguez *et al.*, 2010). Sharavana *et al.* (2013) encontró que los extractos metanólicos de *Opuntia dillenii* a una concentración de 1000 µg/ml y 500 µg/ml mostraron una inhibición del 100 % para las especies de *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Monilinia frutícola*, *Auricularia polytricha*, *Chaetomella raphigera* y *Arthrotrrys oligospora*. Otra *Opuntia* que ha demostrado inhibir el crecimiento de microorganismo es *O. ficus indica*, en la cual los aceites extraídos inhibieron el crecimiento de *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Candida*, obre la piel de ratas (Khémiri *et al.*, 2019).

En contraste, algunos extractos vegetales han mostrado un efecto promotor del crecimiento micelial de algunas cepas hongos fitopatógenas. Moros *et al.* (2003) mostraron que los extractos vegetales elaborados por la decocción de *Cajanus cajan*, *Vigna radiata* y *V. unguiculata* mostraron incrementos del 126 %, 62.9 % y 52.6 %, respectivamente, sobre la cepa de *F. oxysporum*. Además, Iturbide *et al.* (2017) demostraron que los extractos vegetales de *Lilium* promovieron el crecimiento de un 41 % al 79 % de *F. oxysporum*. Así mismo, Terrones (2013) encontró que los extractos de *Capsicum annuum* promovieron el crecimiento de *A. niger*. Este efecto promotor del crecimiento micelial en cepas de hongos fitopatógenos, también se ha observado en extractos realizados con especies de cactáceas. En estudios previos de nuestro grupo, se encontró que los extractos acuosos de *O. engelmannii* incrementaron el crecimiento micelial de *P. capsici* (5.4 %), *F. oxysporum* (8.1 %), *B. cinerea* (28 %) y *A. alternata* (17 %). Así mismo, este autor encontró que los extractos acuosos de *O. macrocentra* promovió el crecimiento micelial en un *P. capsici* (27 %), un *F. oxysporum* (8.1 %), *B. cinerea* (28 %) y *A. alternata* (14 %) (Fong, 2017).

Aunque estos estudios muestran el posible uso de extractos vegetales de cactáceas para inhibir o promover el crecimiento micelial de hongos fitopatógenos, existe poca información del efecto de extractos acuosos, metanólicos y etanólicos de especies del género *Cylindropuntia* (Cactaceae). Por lo que en el presente estudio se evaluó el efecto de los extractos acuosos y etanólicos de *C. imbricata* y *C. leptocaulis* sobre el crecimiento de los hongos fitopatógenos de los géneros de *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. en condiciones *in vitro*.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Material vegetal

Ambas especies fueron colectadas en la Sierra de Samalayuca localizada al norte del Estado de Chihuahua en los municipios de Juárez y Guadalupe, la cual es una región árida, localizada alrededor de 2100 msnm, con un promedio de 300 mm de precipitación pluvial anual y cuya vegetación predominante son matorrales del tipo micrófilo semiespinoso. La colecta se realizó en las coordenadas 31.300, -106.504 durante el mes de mayo del 2019. Se seleccionaron diez ejemplares aleatoriamente de *C. imbricata* (Fig. 1) y *C. leptocaulis* (Fig. 2) los cuales se identificaron usando la guía taxonómica propuesta por Deltoro-Torró *et al.*, 2014.



**Figura 1.** Características generales de *C. imbricata*. a. individuo arbóreo de *C. imbricata*. b. Flor magenta, c. Areolas elípticas, espinas robustas, aplanadas basalmente y tubérculos espaciosos (Imagen tomada por Andrea Cid Lucero, 2019).

**Figure 1.** General characteristics of *C. imbricata*. a. arboreal individual of *C. imbricata*. b. magenta flower, c. elliptical areolas, robust spines, flattened basally and spacious tubers (Image taken by Andrea Cid Lucero, 2019).



**Figura 2.** Características generales de *C. leptocaulis*. a. Individuo arbóreo de *C. leptocaulis*. b. Flor amarilla. c. Espinas y tubérculos alargados no prominentes. d. Fruto escarlata (Imágenes tomadas por Andrea Cid Lucero, 2019 y Nefertari Gutiérrez, 2019).

**Figure 2.** General characteristics of *C. leptocaulis*. a. arboreal individual of *C. leptocaulis*. b. yellow flower. c. elongated spines and tubercles not prominent. d. scarlet fruit (Images taken by Andrea Cid Lucero, 2019 and Nefertari Gutiérrez, 2019).

De cada uno de los ejemplares se seleccionaron cinco segmentos jóvenes de entre 10 y 15 cm de altura y se cortaron con una navaja. Los segmentos se transportaron en cajas de cartón al Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua. Los cladodios obtenidos se lavaron en una solución de hipoclorito al 2% (v/v) durante dos minutos y se enjuagaron dos veces con agua corriente y una vez con agua destilada para eliminar los residuos del hipoclorito.

## 2.2. Origen y mantenimiento de cepas patógenas

Los hongos *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. fueron proporcionados por el cepario del laboratorio de Genética Aplicada de Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad

Juárez. Ambas cepas fueron aisladas de papas contaminadas con estos hongos. La identificación de los hongos se realizó siguiendo las claves de Barnett and Hunter (1998). Las muestras fueron mantenidas y procesadas según la metodología de Valero *et al.* (2014).

### 2.3. Elaboración de extractos

Se pesaron en balanza analítica (Highland®, Hcb 602h) 30 g, 60 g y 90 g del material vegetal de cada planta para la obtención de concentraciones de 10, 20 y 30 % (p/v) respectivamente, posteriormente se trituró el material de cada concentración en un mortero (CoorsTek®, 60320).

#### 2.3.1. Decocción y maceración acuosa

Para realizar los extractos de decocción y maceración se utilizó la metodología propuesta por Valero *et al.*, 2014 con algunas modificaciones. Para el método de cocción el peso del material vegetal triturado y el volumen de agua destilada necesarios para preparar las concentraciones de 10, 20 y 30 % (p/v) se vertieron de forma independiente a un vaso de precipitado de 500 mL y se dejó en ebullición durante 20 min, posteriormente se dejó enfriar por 10 min. El extracto obtenido se recuperó por filtración y se almacenó 4 °C hasta su uso.

Para obtener el extracto acuoso se tomó el peso del material triturado y el volumen de agua destilada necesarios para preparar las concentraciones de 10, 20 y 30 % (p/v) y se vertieron un frasco de vidrio. El frasco se cerró y la tapadera se selló con Parafilm para evitar la salida de líquidos y gases. Este se dejó reposar durante 24 h en agitación a 50 rpm en un agitador orbital (Orbit™ 1900, Labnet®). El extracto obtenido se recuperó por filtración y se almacenó 4 °C hasta su uso.

Para preparar los medios de cultivos de los extractos de decocción y maceración se utilizó la metodología propuesta por Valero *et al.*, 2014 con algunas modificaciones. Brevemente, los extractos de ambas especies y para las diferentes concentraciones se les agregó agar nutritivo (Mcd, Lab®), según las especificaciones de la marca, para obtener un extracto denominado extracto-agar nutritivo. Estos medios extracto-agar nutritivo se esterilizaron durante 15 min a una temperatura de 125 °C en un autoclave (Felisia, modelo Fe-369). A continuación, se vaciaron de forma independiente usando aproximadamente 15 mL de medio extracto-agar nutritivo en cajas de Petri desechables de 100 mm de diámetro por 15 mm de profundidad. Una vez que los medios se solidificaron se inocularon con un disco de 5 mm de diámetro y 3 mm de altura con micelio del patógeno al centro de la placa Petri (Dhingra & Sinclair, 1985). Se realizaron 3 repeticiones por cada concentración y para cada hongo. Como grupo control se preparó agar nutritivo sin extracto y fueron inoculados en las mismas condiciones previamente descritas. Las cajas Petri inoculadas de todos los tratamientos se mantuvieron a 26 °C en una estufa de cultivo (Conviron®, Model I-18L) por un periodo de 10 días. En este tiempo, el diámetro del crecimiento micelial se midió con un vernier electrónico (Absolute Aos, Digimatic Mitutoyo®) cada 24 h hasta los 10 días de incubación.

#### 2.3.2. Etanólico

El material vegetal de cada especie y de cada concentración se vertió en un frasco de vidrio con el volumen de etanol necesario para preparar las concentraciones de 10, 20 y 30 % (p/v). Los frascos se cerraron y la tapadera se selló con papel Parafilm® para evitar la salida de líquidos y gases. Además, los frascos se cubrieron con papel aluminio para aislarlos de la luz y se dejaron reposar durante 7

días con agitación de 50 rpm en agitador orbital (Orbit™ 1900, Labnet®). Posteriormente el sobrenadante se recuperó mediante filtración y se concentró en un rotaevaporador (Rotavapor™, Büchi™ R-II) a 78 °C a 30 rpm hasta obtener un cuarto del volumen total. El volumen del extracto recuperado se sometió a filtración al vacío en un sistema de filtro de vacío aséptico Sterifil™ (Merck™) con un filtro Foxx Nylon Membrane de 47 mm de diámetro y 0.45 µm (Ezflow®, Membrane). El sobrenadante se recuperó y se almacenó a 4 °C hasta su uso.

Para preparar los medios de cultivo con los extractos etanólicos envenenados, se preparó agar nutritivo (Mcd, Lab®), según las especificaciones de la marca y se esterilizó durante 30 min a una temperatura de 125 °C en autoclave (Felisa® modelo Fe-369). Posteriormente se vertió en cajas Petri desechables de 100 mm de diámetro por 15 mm de profundidad. Una vez solidificado el medio, se depositó 1 mL del extracto dejando reposar durante 10 min a temperatura ambiente (Rodríguez *et al.*, 2000). A continuación, se procedió a inocular con un disco de 5 mm de diámetro y 3 mm de altura con micelio del patógeno al centro de la placa Petri (Dhingra and Sinclair, 1985). Se realizaron 3 repeticiones por cada concentración y para cada hongo. Como grupo control se utilizó un medio de cultivo de agar nutritivo al cual se le adicionó 1 mL de etanol dejándose reposar por 10 min y se inocularon en las mismas condiciones como las realizadas para los otros tratamientos. Las cajas Petri inoculadas de todos los tratamientos se mantuvieron a 26 °C en una estufa de cultivo (Conviron® Model I-18L, Winnipeg, Canadá) en un periodo de 10 días. En este tiempo, el diámetro del crecimiento micelial se midió con un vernier electrónico (Absolute Aos, Digimatic Mitutoyo®) cada 24 h hasta los 10 días de incubación.

#### 2.4. Determinación del porcentaje de crecimiento

El porcentaje de crecimiento se determinó respecto al crecimiento del hongo en el medio de control, mediante la siguiente ecuación 1:

Ecuación 1: %I.C.M.

$$\%I.C.M. = \frac{Dc-Dt}{Dc} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

% I.C.M.: Porcentaje de inhibición de crecimiento del micelio.  
 Dc: Diámetro del crecimiento del micelio en la caja de Petri correspondiente al control.  
 Dt: Diámetro del crecimiento del micelio en la caja de Petri correspondiente al tratamiento.

#### 2.5. Análisis de datos

Los resultados obtenidos se evaluaron en el programa IBM® SPSS® Statistics versión 23, se realizó un análisis de regresión lineal univariado, para determinar el efecto de cada tratamiento en el crecimiento del micelio. Posterior a la evaluación de los datos por ANOVA, las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron mediante prueba de comparación múltiple de Duncan.

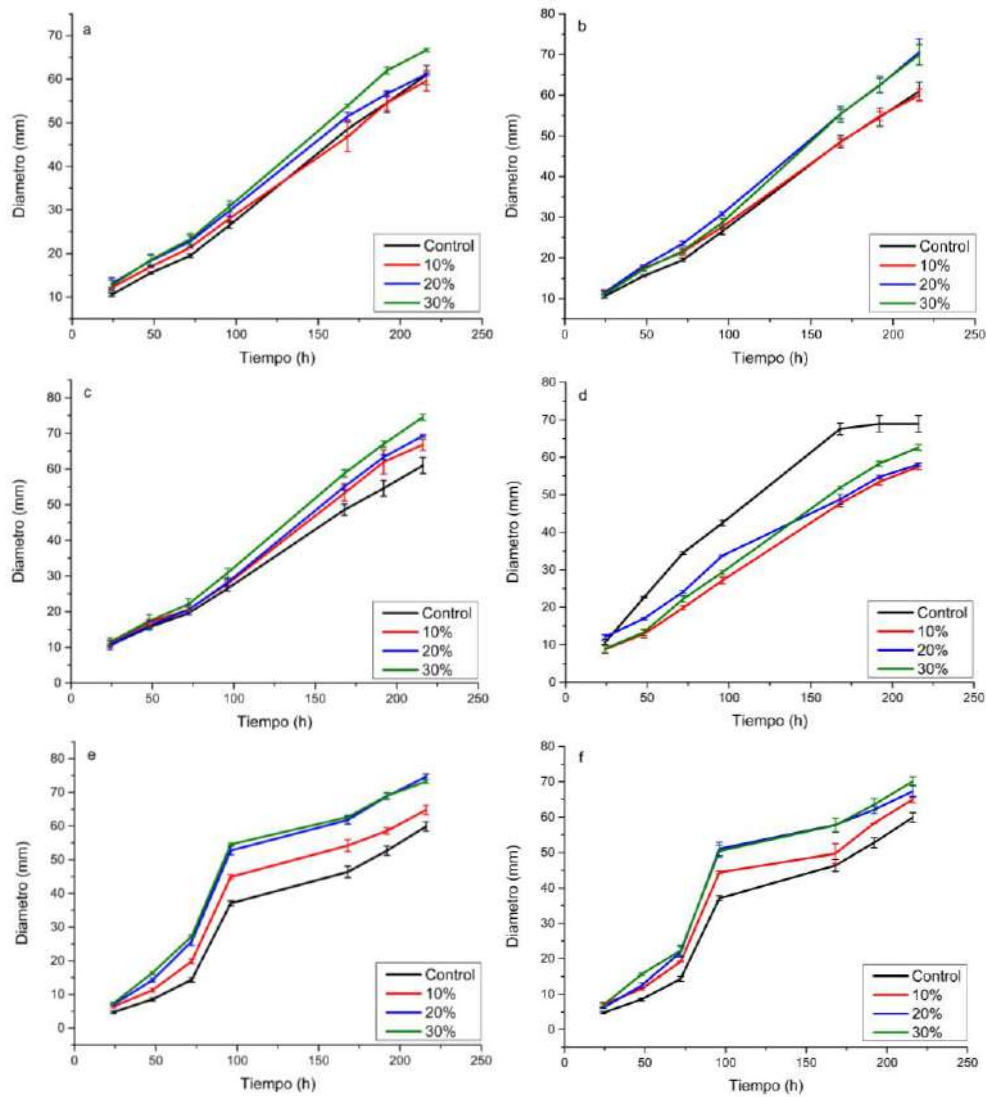


### 3. Resultados y discusión

En la actualidad se está incrementando la búsqueda de métodos de control más amigables con el medioambiente para la eliminación de fitopatógenos. El uso de extractos vegetales para el control de hongos fitopatógenos en el marco de una agricultura sostenible constituye una alternativa prometedora, debido a su bajo costo, efectividad y no contaminar el ambiente.

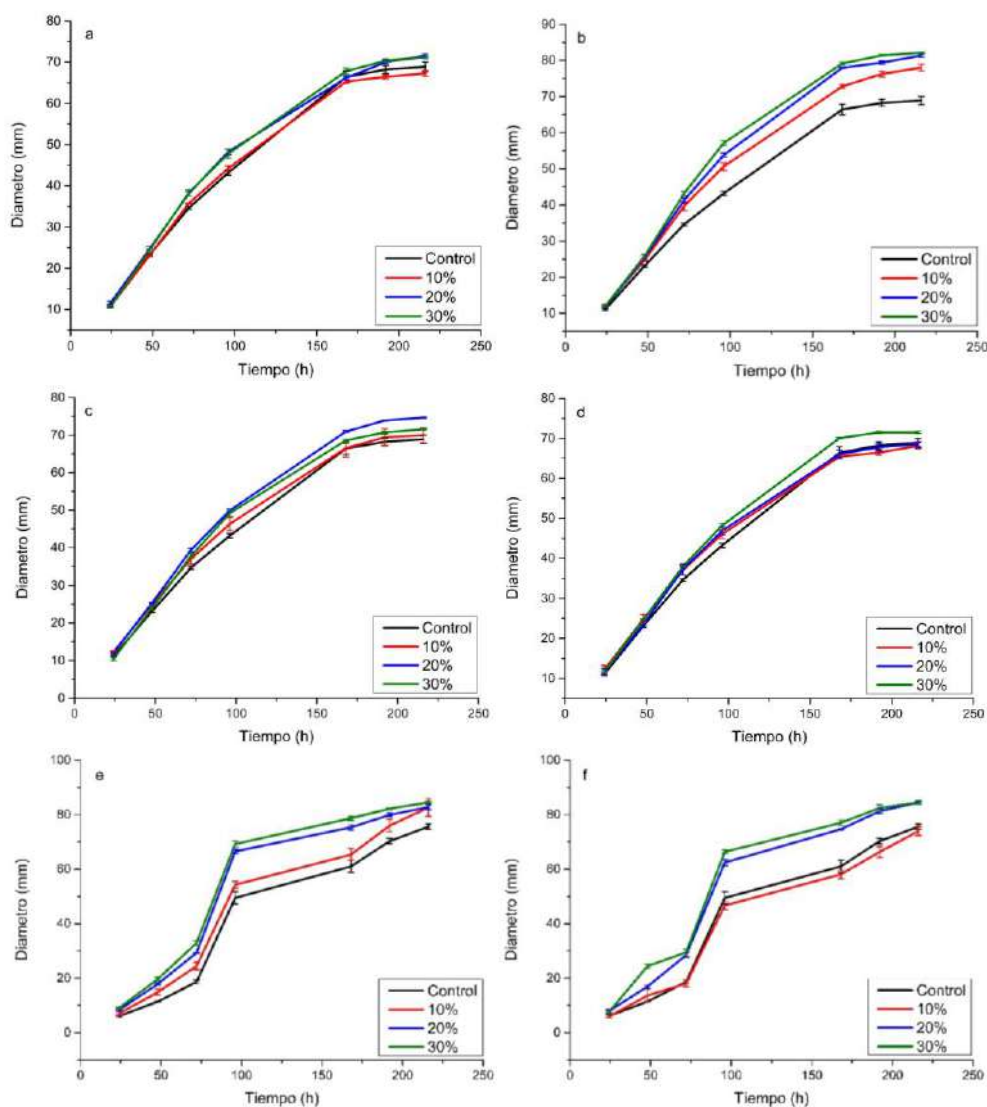
En el presente estudio se evaluó el efecto de los extractos acuosos y etanólicos, sobre el crecimiento del micelio de dos hongos fitopatógenos. Se realizaron medios extracto-agar nutritivo a tres diferentes concentraciones (10 %, 20 % y 30 %) y se registró el crecimiento del micelio cada 24 h por un periodo de 10 días. Las mediciones se usaron para determinar el porcentaje del crecimiento de las cepas con el objetivo de determinar cuál de los extractos acuosos ejercía un mayor efecto sobre los diferentes hongos fitopatógenos. Los resultados en este estudio no mostraron porcentajes de inhibición para las dos cepas de hongos analizadas, si no que más bien tuvo el efecto contrario al esperado, ya que los extractos estudiados promovieron el crecimiento micelial de ambos hongos (Fig. 3 y 4).

En nuestro estudio el efecto de los extractos obtenidos mediante los métodos de decocción y maceración acuosa de *C. imbricata* sobre el crecimiento de *Aspergillus* sp. fue muy semejante en las tres concentraciones evaluadas a lo largo del tiempo de evaluación (Fig. 3a y c). Sin embargo, las diferentes concentraciones de los extractos etanólicos de *C. imbricata* provocaron un aumento del crecimiento micelial en relación con la concentración utilizada a partir de 24 h de la inoculación (Fig. 3e). No obstante, cuando los extractos de *C. leptocaulis* fueron inoculados con la misma especie se observaron crecimientos miceliales diferenciales (Fig. 3b, d y f). El efecto del extracto obtenido de la decocción mostró un incremento en el crecimiento de *Aspergillus* sp. desde las 125 h (Fig. 3b), sin embargo, en el extracto obtenido de la maceración acuosa de *C. leptocaulis* el grupo control fue el que presentó un crecimiento exponencial desde las 24 h después de la inoculación hasta las 170 h, mientras que las concentraciones presentaron una tendencia similar en el crecimiento en todo el tiempo de evaluación (Fig. 3d). Finalmente, cuando se analizó el crecimiento de *Aspergillus* sp. con el extracto etanólico de *C. imbricata* se observó un comportamiento en el crecimiento similar al observado para el extracto etanólico analizado de *C. leptocaulis* (Fig. 3e y f).



**Figura 3.** Efecto de los diferentes extractos sobre el crecimiento del micelio de *Aspergillus* sp. a. decocción de *C. imbricata*, b. decocción de *C. leptocaulis*, c. acuosa de *C. imbricata*, d. acuosa de *C. leptocaulis*, e. etanólica de *C. imbricata* y f. etanólica de *C. leptocaulis*.

**Figure 3.** Effect of the different extracts on the growth of the mycelium of *Aspergillus* sp. a. decoction of *C. imbricata*, b. decoction of *C. leptocaulis*, c. aqueous of *C. imbricata*, d. aqueous of *C. leptocaulis*, e. ethanolic of *C. imbricata* and f. ethanolic of *C. leptocaulis*.

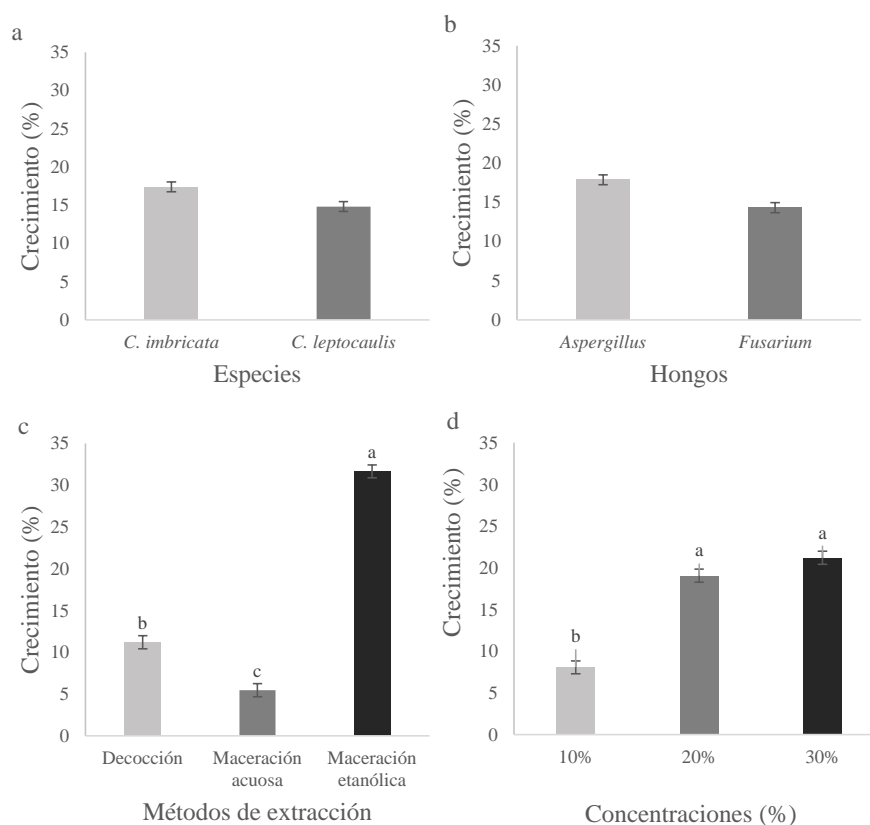


**Figura 4.** Efecto de los diferentes extractos sobre el crecimiento del micelio de *Fusarium* sp. a. decocción de *C. imbricata*, b. decocción de *C. leptocaulis*, c. acuosa de *C. imbricata*, d. acuosa de *C. leptocaulis*, e. extracción etanólica de *C. imbricata* y f. etanólica de *C. leptocaulis*.

**Figure 4.** Effect of the different extracts on the growth of the mycelium of *Fusarium* sp. a. decoction of *C. imbricata*, b. decoction of *C. leptocaulis*, c. aqueous of *C. imbricata*, d. aqueous of *C. leptocaulis*, e. ethanolic of *C. imbricata* and f. ethanolic of *C. leptocaulis*.

Respecto al crecimiento de *Fusarium* sp., el efecto de los métodos de extracción de decocción y maceración de *C. imbricata* sobre el crecimiento de *Aspergillus* sp. fue muy semejante en las tres concentraciones evaluadas a lo largo del tiempo (Fig. 4a y c), sin embargo, al igual que en *Aspergillus* sp., las diferentes concentraciones de los extractos etanólicos de *C. imbricata* mostraron un aumento del crecimiento micelial conforme aumenta la concentración de extracto utilizada a partir de 24 h después de la inoculación (Fig. 4e). El extracto obtenido de la decocción de *C. leptocaulis* presentó un incremento en crecimiento después de las 50 h (Fig. 4b), sin embargo, los extractos obtenidos por maceración acuosa presentaron un crecimiento muy semejante en las tres concentraciones evaluadas (Fig. 4d). Finalmente, el crecimiento de *Fusarium* sp. en el medio con la extracción etanólica de *C.*

*leptocaulis* muestra un comportamiento similar que con en la extracción etanólica de *C. imbricata*, con un crecimiento con comportamiento sigmoideo en el que el mayor crecimiento se da entre las 72 y 96 h (Fig. 4e y f). Nuestros resultados también indicaron diferencias significativas entre los extractos de las dos plantas, siendo los extractos de *C. imbricata* los que presentaron una mayor promoción del crecimiento con respecto a la obtenida de *C. leptocaulis* (Fig. 5a).



**Figura 5.** Efecto de los extractos sobre crecimiento de dos hongos fitopatógenos. a. Efecto de la especie. b. Efecto en los dos hongos. c. Efecto del método de extracción. d. Efecto de la concentración.

**Figure 5.** Effect of the extracts on the growth of two phytopathogenic fungi. a. effect of the species. b. effect on the two fungi. c. effect of the extraction method. d. effect of concentration.

Cuando se analizó el crecimiento micelial teniendo en cuenta el género de los hongos, *Aspergillus* sp. fue la cepa que presentó la mayor promoción del crecimiento en todos los tratamientos, mientras que *Fusarium* sp. presentó el menor crecimiento (Fig. 5b). Así mismo, se observó que el extracto que presentó una mayor promoción de crecimiento micelial fue el extracto etanólico, seguido de los extractos obtenidos de la decocción y de los obtenidos por maceración acuosa (Fig. 5c). Al analizar el efecto de la concentración se observó que la concentración del 30 % fue la que presentó una mayor promoción del crecimiento micelial, seguida de la concentración del 20 % y 10 % (Fig. 5d).

En este estudio se observó una promoción del crecimiento micelial de un 14.3 % para cepa de *Fusarium* sp. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en estudios previos de nuestro grupo, donde los extractos acuosos de *C. imbricata* promovieron el crecimiento micelial en un 1.3 al 18.82 %

de *Fusarium* sp. (Fong, 2017). Además, estos resultados fueron más altos a los resultados obtenidos de extractos acuosos de cladodios de *O. engelmannii* y *O. macrocentra*, los cuales promovieron el crecimiento micelial de *F. oxysporum* en un 8.1 % (Fong, 2017). No obstante, estos resultados fueron más bajos a los resultados del análisis de extractos obtenidos por decocción de harina de semilla de *C. cajan*, *V. radiata* y *V. unguiculata*; los cuales promovieron el crecimiento micelial en un 126 %, 62.9 % y 52.6 %, respectivamente, sobre la cepa de *F. oxysporum* (Moros et al., 2003). Así mismo, fueron más bajos a los determinados por Iturbide et al. (2017) donde encontraron que los extractos obtenidos de *Lilium* promovieron el crecimiento micelial de *F. oxysporum* de 41 % al 79 %. Nuestros resultados también mostraron una promoción del crecimiento micelial de un 17.8 % para cepa de *Aspergillus* sp. Estos resultados fueron más elevados a los determinados por Terrones (2013) donde encontró que los extractos etanólicos de frutos de *C. annuum* promovieron el crecimiento de *A. niger* en un 5 %. En nuestro estudio se observó una promoción del crecimiento micelial de las dos cepas de hongos fitopatógenos (Fig. 5). Estos resultados fueron contradictorios a los efectos observados en otros estudios de extractos de especies de la familia cactácea. Los extractos de aceite de semillas de *O. ficus indica*, inhibieron el crecimiento del micelio de hongos como *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Fusarium* sp. (Khémiri et al., 2019). Así mismo, extractos fenólicos obtenidos de frutos de *O. oligacantha* inhibieron el crecimiento de *C. gloeosporioides* en 4.15 mm (Solís-Silva et al., 2018). Además, los extractos metanólicos de frutos de *O. dillenii* inhibieron en un 100% a *A. niger*, *C. albicans*, *M. fruticola*, *A. polytricha*, *C. raphigera* y *A. oligospora* a las concentraciones de 1000 µg/mL y 500 µg/mL (Sharavana et al., 2013). Igualmente, extractos de *A. retusus* inhibieron el crecimiento micelial en 1.8 cm de *M. gypseum* y 1.4 cm a *M. nanum* a la concentración de 500 mg/mL (Rodríguez-Garza et al., 2010). El extracto metanólico de *S. pruinosus* inhibió el crecimiento de *M. gypseum* (2.2 cm), *M. nanum* (3.6 cm), *M. canis* (2.2 cm) y *M. cookei* (3.3 cm) a las concentraciones de 500, 250 y 125 mg/mL. También los extractos etanólicos y acuosos de cladodios de *C. deficiens* mostraron efectos inhibitorios del crecimiento micelial de *A. solani*, *F. moniliforme*, *C. gloeosporioides*, *B. maydis*, *F. oxysporum* y *F. oxysporum* f. sp. *cubense* (Zapata et al., 2003).

Aunque en este estudio no se determinó la composición de los compuestos vegetales que se extrajeron de los cladodios de las dos especies de *Cylindropuntias*, se ha documentado que el método más económico para la extracción de compuestos con actividad biológica en plantas es el método basado en la extracción con agua, la cual puede realizarse a través de diversos procedimientos como la maceración, la infusión y la decocción. En estos métodos el material vegetal se tritura y tras la exposición al agua las paredes celulares se reblandecen de tal manera que se liberan compuestos solubles como antocianinas, almidones, taninos, saponinas, terpenoides, polipéptidos y lectinas (Pandey and Tripathi, 2014). La maceración se realiza introduciendo el material vegetal en agua destilada a temperatura ambiente durante no más de 24 h y la decocción consiste en introducir el material en agua hirviendo y dejarlo en ebullición por 20 min (Guerra, 2005). Otro método de extracción es el uso de solventes orgánicos menos polares que el agua como el etanol, el metanol y la acetona. Estos presentan la ventaja sobre las extracciones con agua de obtener compuestos fitoquímicos que no son solubles en agua como ciertos taninos, polifenoles, poliacetilenos, flavonoides, terpenoides, esteroides y alcaloides (Pandey and Tripathi, 2014). En otros extractos acuosos se han extraído compuestos como flavonoides, azúcares, fenoles, terpenoides y proteínas, mientras que en extractos etanólicos compuestos como saponinas, glucósidos y proteínas (Padmalochana and Rajan, 2014). También se han encontrado en los extractos etanólicos saponinas, y en los acuosos glucósidos y esteroides (Bargah, 2015). Aunque no existen muchos estudios de la caracterización de los compuestos en extractos vegetales de cactáceas varios autores han encontrado que los extractos metanólicos de opuntias está caracterizada por presentar compuestos como flavonoides, taninos, alcaloides y glucósidos (Rodríguez-Garza et al., 2010, Sharavana et al., 2013).

Así mismo, la caracterización cualitativa de extractos metanólicos de *S. pruinosus* estuvieron formadas por grupos carbonilo, oxidrilos fenólicos, esteroides, metilesteroides, cumarinas, sesquiterpenlactonas, flavonoides, alcaloides, y saponinas (Treviño et al., 2012).

Los hongos se alimentan de las alta cantidad de azúcares que son una fuente predominante de carbono durante el proceso de la infección en plantas (Solomon et al., 2003). Así mismo, el mucílago de las cactáceas está compuesto por polisacáridos (Koubaa et al., 2015), los cuales podrían ser extraídos en los extractos de *C. imbricata* y *C. leptocaulis* y ser fuente de nutrientes para los dos hongos analizados promoviendo el crecimiento micelial de ambas cepas. Sin embargo, en un estudio de la caracterización de grupos funcionales en extractos de los cilindros de *C. imbricata* se ha encontrado que están constituidos por flavonoides, taninos, cumarinas y lactonas (De la Sota Esparza, 2017).

#### 4. Conclusiones

Los extractos de cladodios de *C. imbricata* y *C. leptocaulis* promovieron el crecimiento micelial de *Fusarium* sp. y *Aspergillus* sp. en condiciones *in vitro*. Los extractos de *C. imbricata* mostró los mayores porcentajes del crecimiento micelial que los observados para los extractos de *C. leptocaulis*. Además, *Fusarium* sp. presentó los porcentajes más altos de crecimiento micelial a los observados para *Aspergillus* sp. En cuanto al tipo de extractos, el etanólico mostró los porcentajes más altos en ambos hongos en comparación que los de decocción y maceración acuosa. Las concentraciones del 20 y 30 % fueron las que mostraron los mayores crecimientos en ambos hongos.

#### Agradecimientos

Este proyecto fue financiado con fondos propios y con el apoyo de la infraestructura del Laboratorio de Reproducción del Departamento de Ciencias Químico Biológicas del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

#### Conflicto de interés

Los autores de este escrito no tienen conflicto de intereses en la publicación de estos resultados.

#### 5. Referencias

- Anderson, E. F. (2001). The cactus family. In Timber Press. Portland, Oregon. <https://www.jstor.org/stable/23644048>
- Angulo, E. M., Armenta, R. E., García, E. R., Carrillo, F. J., Salazar, V. E. & Valdez, T. J. (2009). Extractos de semilla *Swietenia humilis* Zucc. con actividad antifúngica en *Rhizopus stolonifer* (Enherb) vuill. Revista Mexicana de Fitopatología, 27, 84-92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61212195001>
- Baker, M., Parfitt, B. D., & Rebman, J. (2012). *Cylindropuntia*. In B. G. Baldwin, D. Goldman, D. J. Keil, R. Patterson, T. J. Rosatti, & D. Dieter Wilken (Eds.), The Jepson Manual. Vascular Plants of California (2nd ed.). Berkeley: University of California Press.

- Bargah, R. K. (2015). Preliminary test of phytochemical screening of crude ethanolic and aqueous extract of *Moringa pterygosperma* Gaertn. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 4, 7-9. [https://www.phytojournal.com/vol4Issue1/Issue\\_may\\_2015/6.1.pdf](https://www.phytojournal.com/vol4Issue1/Issue_may_2015/6.1.pdf)
- Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). Illustrated Genera of Imperfect Fungi (4th ed.). St. Paul: APS Press.
- Bustamante, E., & Búrquez, A. (2005). Fenología y biología reproductiva de las cactáceas columnares. Cactáceas y Suculentas Mexicanas, 50, 68-80. <https://bit.ly/3MHrc2z>
- Deltoro-Torró, V., Gómez-Serrano, M. A., Laguna Lumbreras, E. & Novoa Pérez, A. 2014. Bases para el control del cactus invasor *Cylindropuntia pallida*. Colección Manuales Técnicos de Biodiversidad, 5. Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. Generalitat Valenciana. Valencia, España, 78 pp. [https://www.ibi.es/eniusimg/enius232/files/control\\_cactus\\_invasor.pdf](https://www.ibi.es/eniusimg/enius232/files/control_cactus_invasor.pdf)
- De la Sota Esparza, G. E. (2017). Evaluación del efecto antidiabético in vitro e in vivo de los extractos de las semillas y penca de *Opuntia engelmannii* y *Cylindropuntia imbricata*, semillas de *Theobroma cacao* y la raíz de *Ibervillea sonora* (Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/16676>
- Dingra, D. & J. Sinclair. 1985. Basic Plant Pathology Methods. Editorial CRC Press. 448 pp.
- Domijan, A., Feraica, M., Jurjevic, Z., Ivil, D. & Cvjetkovic, B. (2005). Fumonisin B1, fumonisin B2, Zearalenone and ochratoxin A contamination of maize in Croatia. Food Additives and Contaminants, 22, 677-680. <https://doi.org/10.1080/02652030500132927>
- Fong, P. E. (2017). Actividad antifúngica de tres especies de Opuntioideas de Samalayuca, Chihuahua (Tesis licenciatura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez).
- Gamboa, A. R., Hernández, C. F., Guerrero, R. E., Sánchez, A. A. & Lira, S. R. (2003). Inhibición del crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora infestans* mont (De Bary) con extractos vegetales metanólicos de hojasesn (*Flourensia cernua* D.C). Revista Mexicana de Fitopatología, 21, 13-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221102>
- Guerra, C. E. A. (2005). Obtención, caracterización y evaluación de las propiedades fisicoquímicas de los extractos fluidos, blandos y secos, así como de las tinturas del rizoma y de la fronda de calahuala (*Phlebodium pseudoaureum*) a nivel de laboratorio (Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos Guatemala). [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0951\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0951_Q.pdf)
- Guerrero, R. E., Solís, G. S., Hernández, C. F., Flores, O. A., Sandoval, L. V. & Jasso, C. D. (2007). Actividad biológica in vitro de extractos de *Flourensia cernua* D. C. en patógenos de postcosecha: *Alternaria alternata* (FR.:FR) keissl. *Colletotrichum gloeosporioides*. Revista Mexicana de Fitopatología, 25, 48-53. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61225107>
- Guzmán, U., Arias, S., & Dávila, P. (2003). Catalogo cactáceas mexicanas. México: Universidad Autónoma de México. CONABIO, México, 315 pp.
- Hunt, D. (2016). CITES. Cactaceae Checklist (3rd ed.). Royal Botanic Gardens Kew. & International Organization for Succulent Plant Study, Kew, 174 pp. <https://bit.ly/3sOBFla>
- Iturbide, Z. A. S., Colinas, L. M. T. B., Lozoya, S. H., Medina, M. S. A., & Ayala, A. J. (2017). Evaluación in vitro de extractos del género *Lilium* para el control de *Fusarium oxysporum*. Revista Mexicana de Fitopatología, 35, 611-622. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1609-6>
- Khémiri, I., Essghaier, H. B., Sadfi, Z. N., Ben, G. N., & Bitri, L. (2019). The antimicrobial and wound healing potential of *Opuntia ficus indica* L. inermis extracted oil from Tunisia. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2019/9148782>
- Koirala, P., Kumar, S., Yadar, B. K. & Premarajan, K. C. (2005). Occurrence of aflatoxin in some of the food and feed in Nepal. Indian Journal of Medical Sciences, 59, 331-336. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16129926/>

- Koubaa, M., Ktata, A., Barba, F. J., Grimi, N., Mhemdi, H., Bouaziz, F., Chaabouni, S. E. (2015). Water-soluble polysaccharides from *Opuntia stricta* Haw. fruit peels: recovery, identification, and evaluation of their antioxidant activities. *Institute of Agrophysics*, 29, 299-306. <https://doi.org/10.1515/intag-2015-0035>
- Lebgue, K. T., Viramontes, O. O., Soto, C. R., Quiñones, M. M., Balderrama, C. S., & Aviña D. Y. (2011). Cactáceas endémicas y raras del Estado de Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua*, 5, 27-33. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/704>
- Lopes, M. C. & Martins, V. C. (2008). Fungal plant pathogens in Portugal: *Alternaria dauci*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25, 254-256. [https://doi.org/10.1016/S1130-1406\(08\)70060-3](https://doi.org/10.1016/S1130-1406(08)70060-3)
- López, B. A., López, B. S., Vázquez, B. M., Rodríguez, H. S., Mendoza, E. M. & Padrón, C. E. (2005). Inhibición del crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* Schlechtend. F. SO. *lycopersici* (Sacc.) Snyder y Hasen, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Verticillium dahliae* Kleb. mediante extractos vegetales acuosos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 23, 183-190. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61223212>
- Martínez, J. F., & Molina, F. F. (2013). Mecanismos de propagación de una población de *Cylindropuntia fulgida* del Desierto Sonorense. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 58, 36-48. <https://bit.ly/38Xqm3k>
- Moros, A. H., Fontalvo, J., Niño, L., Sánchez, J., Delgado, A., & Villalobos, R. (2003). Crecimiento de *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* en medios de cultivo de harina de semillas de frijol *Vigna inguiculata* (L.) Walp., frijol chino *Vigna Radiata* L. y quinchoncho *Cajanus cajan* (L.) Millsp. *Ciencia*, 11, 14-21. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/view/9144>
- Padmalochana, K., & Rajan, M. S. D. (2014). Antimicrobial activity of aqueous, ethanol and acetone extract of *Sesbania grandiflora* leaves and its phytochemical characterization. *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 5, 957-962. <http://www.ijpsr.info/docs/IJPSR14-05-12-035.pdf>
- Pandey, A., & Tripathi, S. (2014). Concept of standardization, extraction and pre phytochemical screening strategies for herbal drug. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2, 115-119. [https://www.phytojournal.com/vol2Issue5/Issue\\_jan\\_2014/11.pdf](https://www.phytojournal.com/vol2Issue5/Issue_jan_2014/11.pdf)
- Pinkava, D. J. (1999). Cactaceae cactus family: Part three: *Cylindropuntia* (Engelm.) Knuth chollas. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, 32, 32-47. <https://www.jstor.org/stable/40024914>
- Pinto, N. de C., & Scio, E. (2014). The biological activities and chemical composition of *Pereskia* species (Cactaceae). A Review. *Plant Foods for Hum Nutr.*, 69, 189-195. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0423-z>
- Pose, G., Ludemann, V., Segura, J. & Fernández, P. V. (2004). Mycotoxin production by *Alternaria* strains isolated from tomatoes affected by blackmold in Argentina. *Mycotoxin Research*, 20, 80-86. <https://doi.org/10.1007/bf02946738>
- Rodríguez, A. T., Morales, D., Ramírez, M. A. 2000. Efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de hongos fitopatógenos. *Cultivos Tropicales*, 21, 79-82. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193215024014>
- Rodríguez-Garza, R. G., Morales R., M. E., Verde S., M. J., Oranday C., A., Rivas M., C., Núñez G., M. A., Treviño N., J. F. (2010). Actividad antibacteriana y antifúngica de las especies *Ariocarpus kotschoubeyanus* (Lemaire) y *Ariocarpus retusus* (Scheidweiler) (Cactaceae). *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 41, 55-59. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57912960007>
- Saravana, K. A. P., Vanitha, J., Venkateshwaran, K., Srikanth Reddy, K., & Karthikeyan, D. (2013). Antibacterial and Antifungal Activity of *Opuntia dillenii* (Cactaceae) Fruit Extract. *Journal of Environmental Nanotechnology*, 2, 5-12. <https://doi.org/10.13074/jent.2013.02.121021>



- Solís-Silva, R., Reyes, M. A., Madariaga, N. A., Campos, M. R. G., Medina, P. G., & Cenobio, G. A. D. J. (2018). Evaluación de la actividad antifúngica y antioxidante de una nanoemulsión W/O de *Opuntia oligacantha* y aceite esencial de *Citrus X sinensis*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 182-187. <https://bit.ly/38Tc5Va>
- Solomon, P. S., Tan, K., & Oliver, R. P. (2003). The nutrient supply of pathogenic fungi; a fertile field for study. *Molecular Plant Pathology*, 4, 203–210. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00161.x>
- Terrones, G. (2013). Efecto antifúngico del extracto etanólico de frutos secos de *Capsicum annuum* var. *annuum* “pimentón” sobre el crecimiento de *Alternaria solani*, *Fusarium oxysporum* y *Aspergillus niger*. *Sagasteguiana*, 1, 31–40. <https://core.ac.uk/download/pdf/267889107.pdf>
- Treviño, J. F., Rodríguez, R. G., Verde, M. J., Morales, M. E., Garza, R. A., Rivas, C., & Oranday, A. (2012). Actividad antifúngica de *Stenocereus pruinosus* y *Echinocereus stramineus*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas*, 43, 42-48. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57924376005>
- Valero, G. J., González Díaz, C. A., & González F. R. (2014). Efecto de los extractos de hojas de plantas de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasesen (*Flourensia cernua*) y encino (*Quercus pungens*), sobre el crecimiento micelial in vitro de hongos fitopatógenos. *Acta Universitaria*, 24, 13-19. <https://doi.org/10.15174/au.2014.630>
- Zapata, R., Sanabria, M. E., & Rodríguez, D. (2003). Reducción del desarrollo de hongos fitopatógenos con extracto de cardón lefaria (*Cereus deficiens* Otto & Diert). *Interciencia*, 28, 302-306. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33908011>

2020 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Artículo Científico

# Composición mineral de lixiviados (biofertilizante) de lombriz roja californiana

Mineral composition of leachate (biofertilizer) of Californian red worm

Alma Beatriz Palacios Valenzuela<sup>1\*</sup>, Alfredo Granados Olivas<sup>1</sup>, Marisela Yadira Soto Padilla<sup>1</sup>, Edith Flores Tavizón<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ingeniería y Tecnología-Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Av. Del Charro núm. 459, Col. Partido Romero C.P. 32310, Tel. (656) 688-48-00 al (09), Cd. Juárez, Chih.

\*Correspondencia: [almy.27@hotmail.com](mailto:almy.27@hotmail.com) (Alma Beatriz Palacios Valenzuela)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.751>

Recibido: 29 de noviembre de 2020; Aceptado: 31 de mayo de 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

## Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de micro y macronutrientes del lixiviado generado con lombriz roja californiana, a diferentes tratamientos (T1- melaza; T2- suero de leche; T3- infusión de gobernadora; T4-melaza, suero y gobernadora y T5-testigo, con estiércol de ovino como materia prima a reciclar y alimentar a la lombriz) bajo un diseño factorial con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . La instalación de lombricarios, se realizó para obtener las mejores condiciones para la supervivencia de la lombriz, para asegurar la aceptación de los tratamientos se hicieron pruebas que ayudaron también a la determinación de las tres concentraciones a usar: dosis baja, media y alta (CB, CM y CA) para cada tratamiento. El lixiviado del biofertilizante producido se recolectó y se determinó las concentraciones de los minerales presentes. Los resultados mostraron con un nivel de significancia  $p < 0.0001$  para el factor de tratamientos en todos los nutrientes que T5 fue el tratamiento con mayor concentración únicamente en Cobre (Cu) y T1 presentó el valor más alto de concentración en los micronutrientes Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Molibdeno (Mo), y macronutrientes Calcio (Ca), Azufre (S) y Potasio (K). Lo que hace concluir que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 incrementan el valor nutricional, en comparación con el testigo y T1 es el tratamiento que generó un biofertilizante líquido con mayor concentración de minerales.

**Palabras clave:** biofertilizante líquido, humus, lombriz roja californiana, macronutrientes, micronutrientes.

## Abstract

The objective of this research was to evaluate the concentration of micro and macronutrients of the leachate generated with Californian red worm, at different treatments (T1- molasses; T2- serum; T3- creosote bush infusion; T4-molasses, serum and creosote bush infusion and T5 – control treatment,

with sheep manure as raw material to be recycled and fed to the worm) under a factorial design with a significance level of  $p < 0.05$ . The installation of worms was carried out to obtain the best conditions for the survival of the worm, to ensure the acceptance of the treatments, tests were carried out that also helped to determine the three concentrations to be used: low, medium and high dose (CB, CM and CA) for each treatment. The biofertilizer leachate produced was collected and the concentrations of the minerals present were determined. The results showed with a significance level  $p < 0.0001$  for the treatment factor in all nutrients that T5 was the treatment with the highest concentration only in Copper (Cu) and T1 presented the highest concentration value in the micronutrients Manganese (Mn), Nickel (Ni), Boron (B), Molybdenum (Mo), and macronutrients Calcium (Ca), Sulfur (S) and Potassium (K). This leads to the conclusion that treatments T1, T2, T3 and T4 increase the nutritional value, compared to the control and T1 is the treatment that generated a liquid biofertilizer with a higher concentration of minerals.

**Keywords:** liquid biofertilizer, humus, californian red worm, macronutrients, micronutrients.

## 1. Introducción

Los residuos orgánicos pueden dejar de ser basura contaminante de una manera sencilla y económica, al mismo tiempo pueden proporcionar un producto con un valor agregado de impacto benéfico en los rubros económico, social, ambiental y de salud pública (SEMARNAT, 2016). En el sector primario, una técnica que ha funcionado en los últimos años es el reciclaje de materia orgánica generada como subproductos de los procesos productivos agropecuarios, como lo es el caso del estiércol generado por las actividades ganaderas estabuladas (Yuvaraj *et al.*, 2020). Estos residuos se pueden utilizar a un nivel productivo y sostenible como sustratos para la generación de lombricomposta y de esta manera no desperdiciar lo que normalmente se desecharía como residuo orgánico común, que genera contaminación (Romero *et al.*, 2018; Ramnarain *et al.*, 2019).

En vista de la existencia de una gran variedad de residuos orgánicos, la lombricultura como tecnología de reciclaje tiene una gran variedad de alternativas según sean los desechos que se usen, por lo que se espera que las propiedades tanto químicas como microbiológicas varíen en función del material utilizado para producir la lombricomposta (López *et al.*, 2013).

Con respecto a los tratamientos que se usaron en esta investigación, se cuenta con pocos antecedentes, la investigación de Ormeño y Ovalle (2011) usaron una combinación de suero de leche y melaza en la preparación de Té de compost, en donde estiércol combinado con melaza, el suero de leche y otros ingredientes se transformó en abono líquido, de esta manera aceleró la descomposición del estiércol y aumentó su contenido nutricional.

En un estudio, realizado por López *et al.*, (2013), donde emplearon diferentes tratamientos basados en aserrín y estiércol de bovino, más un inóculo de melaza-lactobacilos de suero de leche, en donde la melaza fue aplicada como sustrato para el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.), resultando que la mezcla que contenía el suero de leche y melaza fue el mejor tratamiento tanto para la adaptación y producción la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) como en el contenido de los nutrientes presentes en el biofertilizante. Sin embargo, en un estudio reciente realizado por Guardiola *et al.*, (2019), donde se empleó la melaza en diferentes proporciones, para la evaluación de un biofertilizante, al mezclarla con el lixiviado de la lombricomposta. Los resultados mostraron menores rendimiento en el desarrollo de todos los

cultivos, relacionados directamente a la melaza, específicamente a la concentración del 2.5%, atribuyéndolo a la concentración de solutos en exceso y modificación de pH en la solución final de melaza.

En relación al empleo de la planta “gobernadora” (*Larrea tridentata*), en forma de té de dicha especie como suplemento para lombrices, no ha sido reportado; sin embargo, se conoce que los extractos hidroalcohólicos de resinas de gobernadora (*Larrea tridentata*) se han utilizado experimentalmente en el control de algunos insectos y plagas, de hongos fitopatógenos y de parásitos gastrointestinales en humanos (Maldonado, 2018; Mellado et. al., 2018) o como protección contra mamíferos y microorganismos (Osorio, et. al., 2017). De tal forma que, en el presente estudio, el té de gobernadora (*Larrea tridentata*) se consideró como suplemento para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) en los experimentos realizados.

La lombricultura no es una técnica poco estudiada, por el contrario, se ha investigado desde diferentes enfoques: proliferación y adaptabilidad de la lombriz roja (Khatua et al., 2018), desarrollo de la lombriz según diferentes tipos de residuos orgánicos (López et al., 2013), efectos al aplicar lombricomposta en diferentes tipos de suelos (Colonese et al., 2017); además se conoce que aún existe necesidad de información para mejorar la aplicación de fertilizantes orgánicos en los suelos agrícolas. De tal forma que, en la actualidad siguen existiendo una gran cantidad de tratamientos sin investigar que podrían proporcionar el mejoramiento en las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los biofertilizantes, estimulando el crecimiento y desarrollo en las plantas de cultivo. Por ejemplo, para el caso de suero de leche, melaza y gobernadora aún no existe información evaluada y registrada de las características químicas de los tratamientos de biofertilizantes orgánicos, en donde se pueda conocer un balance de los nutrientes requeridos para mejorar el buen desarrollo de las plantas y reducir los impactos al medio ambiente por efecto de los agroquímicos.

En la presente investigación se planteó el objetivo principal de identificar la composición mineral presente en el lixiviado de lombricomposta producido con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.). La relevancia de este estudio radica en poder obtener un panorama más amplio de las diferentes dosis y mezclas apropiadas de los tratamientos de melaza, suero y gobernadora que pueden mejorar el contenido nutricional del lixiviado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.).

## 2. Materiales y métodos

Esta investigación se realizó dentro de un invernadero en condiciones climáticas controladas, dentro del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (ubicación georreferenciada: 31°44'46.8" N, 106°26'32.3" W ). Se trabajaron los tratamientos de melaza, suero de leche y gobernadora los cuales se analizaron para identificar concentraciones de los siguientes macronutrientes: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) y micronutrientes: Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Níquel (Ni), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Boro (B) y Molibdeno (Mo).

### 2.1 Materiales

Las composteras pueden tener diferentes características según el propósito deseado (Domínguez, 2018), para el desarrollo de esta investigación se usaron cajas de plástico oscuro para mantener en cautiverio a la lombriz, con dimensiones de 50 cm de largo, 37 cm de ancho y 29 cm de alto y tapa con alrededor de 30 perforaciones de media pulgada para permitir la entrada de oxígeno, en donde se empalmaron dos cajas para la separación del biofertilizante líquido del sólido.

Para la caracterización de los nutrientes se usó el espectrofotómetro Hach DR1900 (Water Technologies de México, S. A. de C. V), cuya longitud de onda tiene un rango de 340 a 800 nm, también se emplearon los reactivos de esta marca de acuerdo con el nutriente a medir como se muestra en la Tabla 1. También se usó un equipo multi parámetros de campo Sension+ MM156 con capacidad para medir simultáneamente temperatura, pH, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto, con una sola sonda en muestras acuosas. Para medir temperatura y humedad del sustrato se hizo uso de equipo higrómetro Ta290 (Marca: Dalory, modelo: DD-20125, fabricante: Zetiling, China).

**Tabla 1.** Reactivos usados para la determinación de cada uno de los macro y micronutrientes  
**Tabla 1.** Reagents used for the determination of each of the macro and micronutrients

|  | Nombre del reactivo                    | Método        | Rango de medición mg/L | Nm  |
|--|--|---------------|------------------------|-----|
| <b>Reactivos para determinar las propiedades de los MACRO-NUTRIENTES</b> | Total Nitrogen Reagent Set, LR         | Viales de TNT | 0 - 150                | 410 |
|  | Phosphorus (Reactive and Total)        | Viales de TNT | 0.150 - 4.5            | 714 |
|  | Potassium Reagent Set                  | Almoadillas   | 0 - 7.0                | 650 |
|  | Sulfate TNTplus HR                     | Viales        | 150-900                | 800 |
|  | Hardness Magnesio y Calcio Reagent Set | Calmagite     | 0 - 4                  | 522 |
| <b>Reactivos para determinar las propiedades de los MICRO-NUTRIENTES</b> | FerroVer® Iron Reagent                 | Almoadillas   | 0.00-3.00              | 510 |
|  | Manganese Reagent Set                  | PAN           | 0.0-20.0               | 525 |
|  | Zinc Reagent Set                       | Zincon        | 0.00-3.00              | 620 |
|  | Copper Reagent                         | Almoadillas   | 0.00-5.00              | 560 |
|  | Nickel Reagent Set                     | PAN           | 0.007-1.000            | 560 |
|  | Boron Reagent                          | Almoadillas   | 0.0 - 14               | 605 |
|  | Molibdenos                             | Almoadillas   | 0 - 40                 | 420 |
|  | DPD Total Chlorine Reagent             | Almoadillas   | 0 - 10                 | 530 |

## 2.2 Métodos

### Procedimiento Experimental

Se seleccionó la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) porque puede llegar a vivir hasta 16 años, tener una elevada prolificidad (Sánchez, 2018; Toccalino, 2004), consume una cantidad de comida entre el 50% y 100% de su propio peso, del cual defeca el 60% a manera de humus, (Ramírez

et., al., 2017; Pineda, 2006). La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) se adquirió del rancho "El Regalo", ubicado en Ascensión, Chihuahua y el estiércol se obtuvo de la Escuela de Veterinaria del Instituto de Ciencias Biomédicas, antes de ser proporcionado a las lombrices se hizo un pre-compostaje de un mes para asegurar que no afectara la supervivencia de la especie (De la Mora, 2016). Se colocaron 15 kg de sustrato de ovino por contenedor, un contenedor por cada tratamiento, los cuales se mantuvieron con una humedad entre 70 y 80 % (Sánchez, 2018), se dejó pasar 3 meses entre el primer riego y la primera toma de muestra.

Se trabajaron los tratamientos: Melaza (T1), suero de leche (T2), té de gobernadora (T3), combinación de melaza, suero y gobernadora (T4) y el tratamiento de testigo que fue sólo agua (T5). A excepción del testigo, a cada uno de los tratamientos se le hicieron diluciones con agua en concentraciones bajas (CB), medias (CM) y altas (CA), así se generaron 12 soluciones y el testigo, un total de 13 combinaciones.

Para la determinación de las dosis o concentraciones de cada tratamiento se realizaron pruebas de supervivencia en cajas con medidas de 35 cm de largo, 20 de ancho y 12 de alto, con una profundidad de 7 cm de sustrato y 50 lombrices (P50L) al centro de la caja (Piza, 2017; López et al., 2013). Se consideró una concentración inicial de 20:80 para todos los tratamientos (20% agua y 80% tratamiento), para lo cual se revisó que en al menos tres días no hubiera ni una lombriz muerta (Aviles, 2018). Una vez pasada la prueba de supervivencia, se realizaron pruebas al lixiviado de la lombricomposta, donde se evaluó de forma física que no fuera espeso o viscoso, su coloración fuera café intenso y no expidiera malos olores. Para efectos de esta investigación fue utilizada gobernadora silvestre como insumo, la melaza se adquirió a granel de la empresa Agroindustrial Liderlac S.A. de C.V., y el suero de leche se obtuvo del residuo generado por la quesería Chimmu.

La preparación de las soluciones suero de leche y melaza se realizaron con la dilución en agua en diferentes cantidades, mientras que para el caso de la gobernadora por ser sólida se generó una infusión de 20 gramos de hoja de gobernadora por 1 litro de agua hervida por 15 minutos, de esta infusión primaria se generaron las tres concentraciones. Dado que no se ha encontrado documento donde se haya aplicado solución de gobernadora como sustrato para la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.), el procedimiento de la extracción de gobernadora fue basado en que Domínguez, (2019) menciona que el uso de esta planta se hace en pequeñas cantidades, además Peñuelas et al., (2015) también concluye en su estudio que *L. tridentata*, se puede utilizar en menor proporción, resaltó que otros autores usan concentraciones en mayor cantidad con respecto a su estudio con efectividad. Gómez (2013) muestra instrucciones a seguir para obtener el extracto de gobernadora en crudo y hervida, donde se observa que la diferencia es que en crudo se licuan las hojas de gobernadora en agua, mientras que por otro lado se hierven por 15 minutos y se deja enfriar, de esta investigación se decidió seguir el proceso de extracción con agua hervida.

#### Métodos físico-químicos

Para la determinación de los nutrientes presentes en el biofertilizante se usó el método que se integra a cada uno de los reactivos de Hach, aprobado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) para el análisis de agua adaptado de los procedimientos marcados por la guía de Standard Methods para el examen de agua y aguas residuales. A cada una de las muestras se le realizaron tres repeticiones del método para la medición de cada uno de los macronutrientes y micronutrientes.

## Diseño experimental y análisis de datos

Se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) en arreglo factorial de 4\*3 (tratamientos \* concentraciones) más testigo para cada uno de los nutrientes, con tres repeticiones. Previo al análisis estadístico, se comprobó la homogeneidad de varianzas con la prueba de Shapiro-Wilks (Sokal & Rohlf, 1995). Posteriormente se realizó el análisis de varianza y cuando se detectó efecto de tratamiento se aplicó la prueba de comparación múltiple de las medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Todos estos análisis de datos se llevaron a cabo con el apoyo del software estadístico Info Stat 2011 y MS Excel.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Determinación de concentración de tratamientos

La Tabla 2 muestra un concentrado de los resultados de las pruebas de supervivencia y aceptación de biofertilizante líquido (renglones) para cada uno de los tratamientos (columnas). En esta tabla se puede observar que los 3 tratamientos (melaza, suero y gobernadora) empezaron con una concentración inicial alta de 20% de agua y 80% del tratamiento. En T1 se tuvo que reducir la concentración en tres ocasiones para poder llegar a un punto donde la lombriz no muriera y el abono no presentara viscosidad, lo que a concentración respecta, concuerda con la concentración de melaza que se usó en los estudios de Guardiola *et al.* (2019) y Widawati, (2017) al usarla en pequeñas concentraciones.

**Tabla 2.** Concentraciones en las que lombriz pudo sobrevivir y además producir un biofertilizante líquido físicamente aceptable (color café oscuro, no espeso o viscoso).  
**Table 2.** Concentrations in which the worm was able to survive and also produce a physically acceptable liquid biofertilizer (dark brown, not thick or viscous).

| Concentraciones | Tratamientos            | T1:<br>H <sub>2</sub> O:Melaza | T2:<br>H <sub>2</sub> O:Suero | T3:H <sub>2</sub> O:Gobernadora |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| C1<br>20:80 %   | Prueba de Supervivencia | Supervivencia<br>0%            | Supervivencia<br>100%         | Supervivencia<br>100%           |
|                 | Abono líquido producido | -                              | Se genera capa lactea         | Aceptable                       |
| C2<br>50:50 %   | Prueba de Supervivencia | Supervivencia<br>58%           | Supervivencia<br>100%         | -                               |
|                 | Abono líquido producido | -                              | Aceptable                     | -                               |
| C3<br>80:20%    | Prueba de Supervivencia | Supervivencia<br>100%          | -                             | -                               |
|                 | Abono líquido producido | Muy espeso                     | -                             | -                               |
| C4<br>95:5%     | Prueba de Supervivencia | Supervivencia<br>100%          | -                             | -                               |
|                 | Abono líquido producido | Aceptable                      | -                             | -                               |

El tratamiento de suero de leche (T2) fue aceptable para el desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida spp.*) en una concentración inicial alta de 20% de agua y 80% de suero. Aunque el estado físico de la lombriz permaneció estable, esta dosis se tuvo que reducir a un 50% de agua y 50% de suero de leche debido a que con la concentración inicial se obtenía una capa láctea en el biofertilizante líquido. Con la reducción de esta concentración se permitió obtener muestras de mejor calidad para la determinación de sus nutrientes.

Para T3 se estableció la concentración alta en 20:80 desde el inicio al no requerir de pruebas extras, ya que con esta dosis no murió ninguna lombriz en la prueba de supervivencia además de permanecer en estado igual a la inicial y producir un biofertilizante líquido café oscuro y libre de mal olor. Esto resulta muy interesante debido a que, a diferencia del suero y la melaza, el té de gobernadora (T3) presentó un alto grado de aceptación por la lombriz, siendo este de 80% de la infusión de gobernadora, pues este líquido es demasiado fuerte, que puede llegar a causar ardor en la piel al exponerla a un poco de este líquido en un periodo de tiempo corto. También las superficies que tuvieron contacto con este líquido presentaron manchas difíciles de remover y además el olor que genera queda impregnado considerablemente, dependiendo de qué tan ventilado sea el lugar afectado. Al no encontrar estudio documentado donde se alimente a la lombriz con este tratamiento no existe punto de referencia, sin embargo, se sabe que contiene un potente antioxidante NDGA (ácido nordihidroguayarático) que posee una actividad anti fúngica contra hongos fitopatógenos, algunos glicósidos y sapogeninas (Peñuelas Rubio et. al., 2015; Rodríguez, 2006). Estas son algunas de las razones por las que es sorprendente que la lombriz haya sobrevivido a una concentración tan alta y que además de permanecer viva durante la prueba de supervivencia, la lombriz también se mantuvo en un estado físico similar a la inicial.

Se partió de la información mostrada en la tabla 2 para establecer la concentración alta, media y baja para cada uno de los tratamientos como se presenta en la Tabla 3. También se consideró concentraciones para la combinación de los tres tratamientos, buscando un equilibrio en la cantidad de cada uno, quedando la concentración alta 35:5:30:30 (35% agua, 5% de melaza, 30% suero de leche y 30% de té de gobernadora).

**Tabla 3.** Concentración de los tratamientos de melaza, suero y té de gobernadora usada en el proyecto de investigación.

| <b>Concentraciones</b>                       | <b>CB %</b>                 | <b>CM %</b>                  | <b>CA %</b>                 |
|--|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| <b>Tratamientos</b>                          | <b>(Concentración baja)</b> | <b>(Concentración Media)</b> | <b>(Concentración Alta)</b> |
| T1: H <sub>2</sub> O:Melaza                  | 99:1                        | 97:3                         | 95:5                        |
| T2: H <sub>2</sub> O:Suero                   | 10:90                       | 70:30                        | 50:50                       |
| T3: H <sub>2</sub> O:Gobernadora             | 80:20                       | 50:50                        | 20:80                       |
| T4:H <sub>2</sub> O:Melaza:Suero:Gobernadora | 79:1:10:10                  | 57:3:20:20                   | 35:5:30:30                  |
| T5: H <sub>2</sub> O                         | 100                         | -                            | -                           |

La temperatura de los módulos de lombricario se registró entre  $23 \pm 4$  °C, dentro del rango óptimo de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida spp.*) de 14°C a 27°C (Girón and López, 2020; Pineda, 2006). Las temperaturas fuera del rango mencionado reducen en cierta medida la ingesta de



alimento y la actividad reproductiva de la lombriz (Cano, 2018). La media de pH que presentaron los módulos de lombricario fue de  $5.83 \pm 1.41$ , lo que según la NMX-FF109-SCFI-2007 (2008) se encuentran dentro del rango (5.5-8.5).

### 3.2. Efecto de tratamientos en macro y micronutrientes del biofertilizante

En la Tabla 4 y 5 se muestra la media de cada uno de los nutrientes con su respectiva desviación estándar y junto con el ANOVA que se realizó por cada nutriente se enlistan los resultados arrojados. En los análisis de varianza arrojados se pudo observar que existe diferencia significativa en tratamiento (Factor A) en todos los nutrientes, al comparar p-valor con un nivel de significancia de  $\alpha=0.05$ , estas diferencias se pudieron identificar por medio de la prueba de Tukey. Entre dosis (Factor B), sólo en Manganeso (Mn), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) se presentó diferencia significativa y en la interacción del factor A y B la diferencia se obtuvo en Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Cloro (Cl), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Azufre (S), Potasio (K) y Fósforo (P).

**Tabla 4.** Concentración promedio de cada micronutriente y su desviación estándar.

**Table 4.** Average concentration of each micronutrient and its standard deviation.

| Interacción | Fierro (ppm) | Cobre (ppm) | Manganeso (ppm) | Níquel (ppm) | Zinc (ppm)  | Boro (ppm) | Cloro (ppm) | Molibdeno (ppm) |
|-------------|--------------|-------------|-----------------|--------------|-------------|------------|-------------|-----------------|
| T1*CB       | 0.6 ±0.48    | 0.3 ±0.03   | 9.9 ±1.28       | 0.16 ±0.01   | 0.03 ±0.007 | 12.9 ±2    | 0.9 ±0.1    | 6.02 ± 1.43     |
| T1*CM       | 1.3 ±0.07    | 0.3 ±0.008  | 8.9 ±2.30       | 0.14 ±0.01   | 0.03 ±0.015 | 12.7 ±4    | 1.1 ±0.2    | 17.28 ± 3.07    |
| T1*CA       | 1.3 ±0.06    | 0.5 ±0.02   | 30.4 ±1.6       | 0.17 ±0.005  | 0.06 ±0.012 | 12.5 ±2    | 1 ±0.28     | 6.26 ± 3.6      |
| T2*CB       | 2.7 ±0.06    | 0.4 ±0.07   | 21 ±0           | 0.12 ±0.003  | 0.21 ±0.07  | 7.4 ±3.2   | 0.2 ±0.06   | 1.7 ± 0.5       |
| T2*CM       | 3.6 ±0.75    | 0.6 ±0.04   | 21 ±0           | 0.16 ±0.003  | 0.06 ±0.02  | 6.9 ±0.5   | 0.3 ±0      | 1.49 ± 0.9      |
| T2*CA       | 1.8 ±0.05    | 0.4 ±0.02   | 21 ±0           | 0.14 ±0.004  | 0.15 ±0.07  | 9.9 ±5.2   | 0.6 ±0      | 1.8 ± 0.8       |
| T3*CB       | 0.7 ±0.04    | 0.3 ±0.09   | 0.55 ±0.08      | 0.05 ±0.004  | 0.11 ±0.03  | 4.4 ±0.6   | 0.2 ±0.06   | 13.9 ± 2.2      |
| T3*CM       | 0.9 ±0.79    | 0.3 ±0.06   | 0.55 ±0.08      | 0.05 ±0.002  | 0.13 ±0.01  | 6.2 ±1.6   | 0.4 ±0.06   | 11.69 ± 1.03    |
| T3*CA       | 1.2 ±0.17    | 0.4 ±0.06   | 6.79 ±3.22      | 0.09 ±0.03   | 0.11 ±0.03  | 7.5 ±2.8   | 1.3 ±0.15   | 5.29 ± 1.4      |
| T4*CB       | 2.1 ±0.78    | 0.3 ± 0.06  | 0.73 ±0.19      | 0.11 ±0.05   | 0.11 ±0.02  | 4.6 ±0.6   | 0.8 ±0.16   | 13.2 ± 3.03     |
| T4*CM       | 2.2 ±1.58    | 0.4 ±0.08   | 8.07 ±3.04      | 0.08 ±0.003  | 0.11 ±0.006 | 5.7 ±0.9   | 0.5 ±0.09   | 5.03 ± 2.9      |
| T4*CA       | 2.2 ±0.59    | 0.3 ±0.08   | 15.41 ±3.3      | 0.08 ±0      | 0.06 ±0.01  | 7.2 ±0.2   | 1.2 ±0.17   | 15.77 ± 2.5     |
| T5          | 3.1 ±0       | 1.5 ±0.80   | 0.81 ±0.26      | 0.14 ±0.02   | 0.15 ±0.06  | 2.7 ±0.7   | 0.34 ±0.08  | 8.75 ± 1.83     |
| P<0.05      | 0.0845       | 0.8354      | 0.0001          | 0.0155       | 0.0121      | 0.832      | 0.0001      | 0.0001          |
| Tukey       | 1.82         | 0.68        | 5.24            | 0.057        | 0.12        | 7.23       | 0.39        | 6.5             |

Nota: El p-valor y el valor crítico de Tukey de la interacción se muestra para cada micronutriente al final de la columna.

Fierro: Únicamente se detectó efecto entre el tratamiento con un valor crítico de Tukey de 1.001, indicando que T5, T2, y T4 son significativamente diferentes de T1 y T3. En este caso el tratamiento de suero es el que proporciona mayor cantidad de Fierro, por lo que se puede considerar el mejor. Aun cuando no hay efecto de interacción se pudo observar que la mayor cantidad de Fierro se encuentra en la interacción T2\*CM con  $3.6 \pm 0.75$  ppm con respecto a la interacción T1\*CB con  $0.6 \pm 0.48$  ppm que presentó la menor cantidad de Fierro con una diferencia de medias de 2.98. Los

tratamientos T1, T3 y T4 presentan la misma tendencia, donde al incrementar la dosis aumenta la concentración de Hierro, aunque no se muestran diferencia significativa entre ellos.

Cobre: Testigo contiene la mayor cantidad de Cobre por más del doble que los demás tratamientos en sus diferentes concentraciones con una diferencia mínima significativa de medias de 0.3, además es el único tratamiento que presenta diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) con valor crítico de 0.68. T3 incrementa la concentración de Cobre al incrementar la dosis, mientras que T2 y T4 obtienen más cantidad de cobre en su dosis media.

Manganeso: Existe diferencia significativa tanto simple como de interacción ( $p < 0.0001$ ). Se observó que con un valor crítico de Tukey de 2.24 la mejor interacción fue T1\*CA ( $30.4 \pm 1.6$ ), un valor alto con respecto los valores bajos presentados en las interacciones T3\*CB, T3\*CM, T4\*CB y T5 con concentraciones de entre 0.55 y 0.81 ppm. En cuanto al efecto de tratamientos de manera descendente T2 fue el mejor seguido de T1, T4, T3 y T5 con un valor crítico de 2.88, indicando que cualquiera de los tratamientos usados en esta investigación proporciona mayor cantidad de Manganeso que si sólo se usara agua. La dosis alta fue significativamente diferente ( $p < 0.001$ ) en contraste con dosis media y alta (Tukey = 2.61).

Níquel: Con diferencia significativa en tratamientos ( $p < 0.0001$ ) e interacción ( $p < 0.0155$ ) se observa que melaza, testigo y suero de leche son los mejores tratamientos en contraste con Combinado y Gobernadora (Tukey = 0.031), sin diferencia significativa entre las tres dosis. T1\*CA ( $0.17 \pm 0.005$ ) fue la interacción con la concentración más alta de Níquel en comparación con el valor más bajo en T3\*CB ( $0.05 \pm 0.004$ ) con una diferencia de medias de 0.12.

Zinc: Sólo los tratamientos presentaron diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) indicando suero, testigo y gobernados tienen mayor cantidad de Zinc en contraste con combinado y melaza (Tukey = 0.063). Sin diferencia significativa en interacción este elemento se encuentra mayormente presente en suero con dosis baja (T2\*CB) con  $0.21 \pm 0.07$  ppm seguido de testigo (T5) con un  $0.15 \pm 0.06$  ppm, mientras que el valor más bajo lo presentó T1\*CM con una diferencia de medias de 0.18.

Boro: Con existencia de diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) y valor crítico de Tukey de 3.98, T1 es el tratamiento que obtuvo los valores más altos de Boro ( $12.7 \pm 4$ ) en sus tres dosis mientras que testigo obtuvo menor concentración de este elemento ( $2.7 \pm 0.7$ ). T3 y T4 presentan tendencia que al incrementar la dosis aumenta la concentración de este nutriente, lo contrario a T1 que tiene una inclinación de disminuir la cantidad del nutriente al subir la dosis.

Cloro: Con  $p < 0.005$  se observó que, en tratamientos, dosis y en su interacción existe diferencia entre medias estadísticamente significativas de estos grupos, indicando que, en los tratamientos ordenados de mayor a menor, melaza es el que proporcionó mayor cantidad de cloro al biofertilizante seguido de combinado, gobernadora, suero de leche y testigo, diferenciado con un Tukey de 0.21. En la interacción el mejor resultado se presentó en T3\*CA ( $1.3 \pm 0.15$ ) y T4\*CA ( $1.2 \pm 0.17$ ) y con menor concentración T2\*CB ( $0.2 \pm 0.06$ ) y T3\*CB ( $0.2 \pm 0.06$ ). T2 y T3 tienen tendencia de incrementar la presencia de este nutriente al aumentar la dosis con un valor crítico de Tukey de 0.39.

Molibdeno: El valor más alto está presente en la interacción en T1\*CM ( $p < 0.0001$ ). Sin diferencia significativa (valor crítico de Tukey = 6.5) los valores más bajos se encuentran en las tres dosis de

suelo por lo que las tres dosis de T2 están entre 1.4 y 1.8 ppm, una diferencia de medias más de 15 ppm con respecto al valor más alto.

**Tabla 4.** Concentración promedio de cada macronutriente y su desviación estándar.

**Table 4.** Average concentration of each macronutrient and its standard deviation

| Interacción | Magnesio (ppm) | Calcio (ppm) | Azufre (ppm) | Potasio (ppm) | Fósforo (ppm) | Nitrógeno (ppm) |
|-------------|----------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|
| T1*CB       | 15.43 ± 1.12   | 0.9 ± 0.4    | 5587 ± 15    | 3433 ± 288    | 10.93 ± 0.29  | 680 ± 80        |
| T1*CM       | 16.6 ± 0.53    | 0 ± 0        | 4652 ± 105   | 7000 ± 0      | 65.7 ± 1.3    | 533 ± 75.72     |
| T1*CA       | 2.87 ± 1.67    | 10.93 ± 3.95 | 7273 ± 1090  | 5966 ± 230    | 10.46 ± 0.66  | 846 ± 30.55     |
| T2*CB       | 16 ± 5.76      | 3.2 ± 1.4    | 5097 ± 236   | 3100 ± 400    | 29.45 ± 0.47  | 433 ± 11.54     |
| T2*CM       | 19.97 ± 7.21   | 0.6 ± 0.3    | 6323 ± 179   | 5800 ± 435    | 74.52 ± 0.82  | 773 ± 30.55     |
| T2*CA       | 16.37 ± 8.24   | 1.37 ± 1.18  | 3780 ± 36    | 5033 ± 305    | 40.41 ± 0.17  | 480 ± 0         |
| T3*CB       | 27.13 ± 1.76   | 0.6 ± 0.1    | 4108 ± 299   | 5500 ± 0      | 58.36 ± 0.68  | 1280 ± 40       |
| T3*CM       | 5.78 ± 3.46    | 2.55 ± 1.78  | 3077 ± 125   | 2466 ± 305    | 5.22 ± 0.12   | 1300 ± 20       |
| T3*CA       | 2.37 ± 1.05    | 2.33 ± 1.12  | 5947 ± 730   | 6166 ± 763    | 18.26 ± 0.72  | 1920 ± 0        |
| T4*CB       | 25.83 ± 2.46   | 0.1 ± 0.17   | 2620 ± 115   | 1500 ± 50     | 15.77 ± 0.27  | 411 ± 77.88     |
| T4*CM       | 27.53 ± 0.73   | 0.03 ± 0.05  | 4027 ± 156   | 2233 ± 28     | 17.2 ± 0.14   | 893 ± 58.59     |
| T4*CA       | 19.93 ± 2.20   | 0.47 ± 0.5   | 3008 ± 25    | 2033 ± 104    | 23.38 ± 0.17  | 580 ± 72.11     |
| T5          | 20.57 ± 3.85   | 6.37 ± 2.7   | 2350 ± 9     | 1533 ± 28     | 14.94 ± 1.71  | 780 ± 20        |
| P<0.05      | 0.0001         | 0.0001       | 0.0001       | 0.0001        | 0.0001        | 0.2152          |
| Tukey       | 11.63          | 4.6          | 1154.4       | 928           | 2.2           | 881.45          |

Nota: El p-valor y el valor crítico de Tukey de la interacción se muestra para cada macronutriente al final de la columna.

**Magnesio:** Es el único nutriente donde el tratamiento combinado presentó los valores más altos en concentración media ( $27.53 \pm 0.73$ ) y baja ( $25.83 \pm 2.46$ ), T3\*CB también tuvo una concentración alta de  $27.13 \pm 1.76$  (Tukey de 11.6) y T3\*CA con el valor más bajo de 2.37 con una diferencia de medias de 25 ppm. La mayoría de los tratamientos\*concentración no tiene diferencia significativa por lo que encuentran alrededor de la media de  $16.6 \pm 2.5$

**Calcio:** Tanto factores simples como de interacción mostraron diferencias de medias estadísticamente significativas  $p < 0.0001$ , la mayoría de las interacciones tuvieron valores por debajo de 3.2 ppm, resaltando en primer lugar T1\*CA con  $10.93 \pm 3.95$  ppm y Testigo como segundo lugar con un valor de  $3.67 \pm 2.7$  ppm (Tukey = 4.6). Calcio fue el único nutriente que no presentó concentración en el tratamiento de melaza dosis media

**Azufre:** El factor de tratamiento muestra diferencia de medias estadísticamente significativamente  $p < 0.0001$  y de manera descendente que melaza fue el mejor, seguido de suero de leche, gobernadora, combinado y testigo (Tukey = 635.5). La interacción T1\*CA ( $7273 \pm 1090$ ) fue el que presentó mayor concentración de este macronutriente, en contraste con Testigo que presentó menor valor en este nutriente ( $2350 \pm 9$ ) con una diferencia de medias de 4923 ppm.

**Potasio:** En este nutriente, testigo también presentó el valor más bajo ( $1533 \pm 28$ ) seguido del tratamiento combinado en sus tres dosis, mientras que el tratamiento de melaza con sus tres dosis

se puede considerar el mejor tratamiento para Potasio con un valor crítico de Tukey de 510.8 y  $p < 0.0001$  en factores e interacción.

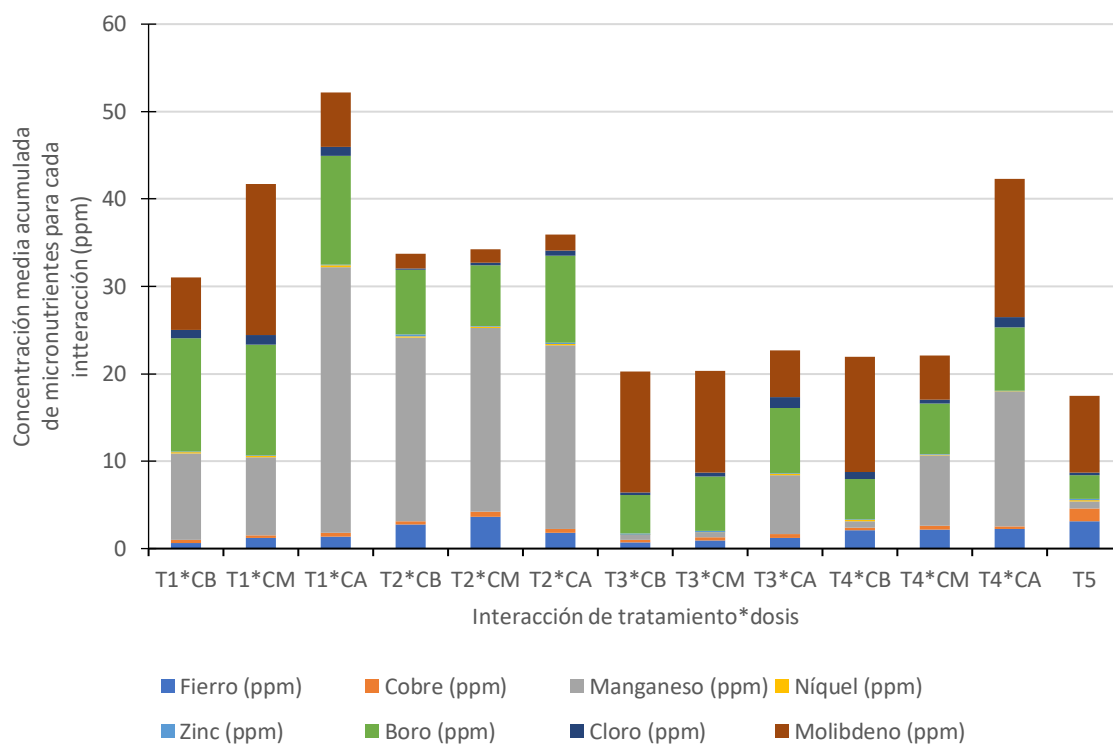
Fósforo: En este elemento se observó que existe diferencia de medias en sus factores e interacción estadísticamente significativa  $p < 0.0001$ , en los tratamientos (Tukey = 1.10), siendo T2 el tratamiento que proporciona mayor cantidad de Fósforo con  $48.13 \pm 0.25$  específicamente concentración media ( $74.52 \pm 0.82$ ) y T5 con menor cantidad ( $14.94 \pm 0.43$ ), y dosis CM, CB y CA (Tukey = 2.20).

Nitrógeno: Resalta el tratamiento de gobernadora ( $p < 0.00001$ ) con la concentración alta de este nutriente  $1693 \pm 358$ , más del doble de lo que proporcionó cualquiera de los otros tratamientos  $641 \pm 176$ , aun y cuando no hay diferencia de medias estadísticamente significativa en la interacción de tratamiento y dosis T3\*CA, T3\*CM y T3\*CB en contraste con el resto de las interacciones, además de presentar la tendencia de que al incrementar la cantidad de gobernadora incrementa la cantidad de Nitrógeno.

Los valores obtenidos de cada nutriente fueron comparados con la concentración promedio y rango de concentración promedio de los nutrientes esenciales en la mayoría de las plantas (Abdul, 2015; Epstein & Bloom, 2004), donde se pudo observar que Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo), Azufre (S), Potasio (K) y Nitrógeno (N) resultaron con concentraciones dentro del rango de lo requerido por los cultivos y Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Calcio, Magnesio (Mg) y Fósforo (P) mostraron concentraciones por debajo del rango. Aun cuando el biofertilizante de lombricomposta tiene el beneficio de proporcionar los macro y micronutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, la cantidad de estos nutrientes no refleja su disponibilidad en las plantas, intervienen factores como: humedad, temperatura, capacidad de intercambio catiónico, condición de acidez y alcalinidad en el suelo, entre otros.

En cuanto a tratamiento, se consideró mejor al que contiene mayor cantidad de nutrientes debido a ningún tratamiento obtuvo concentraciones de nutrientes que sobrepasen los valores de rango de concentración de nutrientes en cultivos (Abdul, 2015; Epstein & Bloom, 2004), además esto es importante debido a que la concentración alta puede generar toxicidad en el suelo y por ende afectar el desarrollo de la planta (Iqbal *et al.*, 2020)

El uso de diferentes dosis para cada uno de los tratamientos es porque se supuso la posibilidad de que, al incrementar la cantidad del tratamiento, también incrementa la concentración de nutrientes presentes. En este experimento resultó ser cierto para los micronutrientes, aunque solo T1 mostró medias significativamente en sus tres dosificaciones, como se muestra en la Figura 1. Por ello se puede determinar que T1\*C3 (Tratamiento de melaza con concentración alta) proporciona mayor cantidad de micronutrientes.



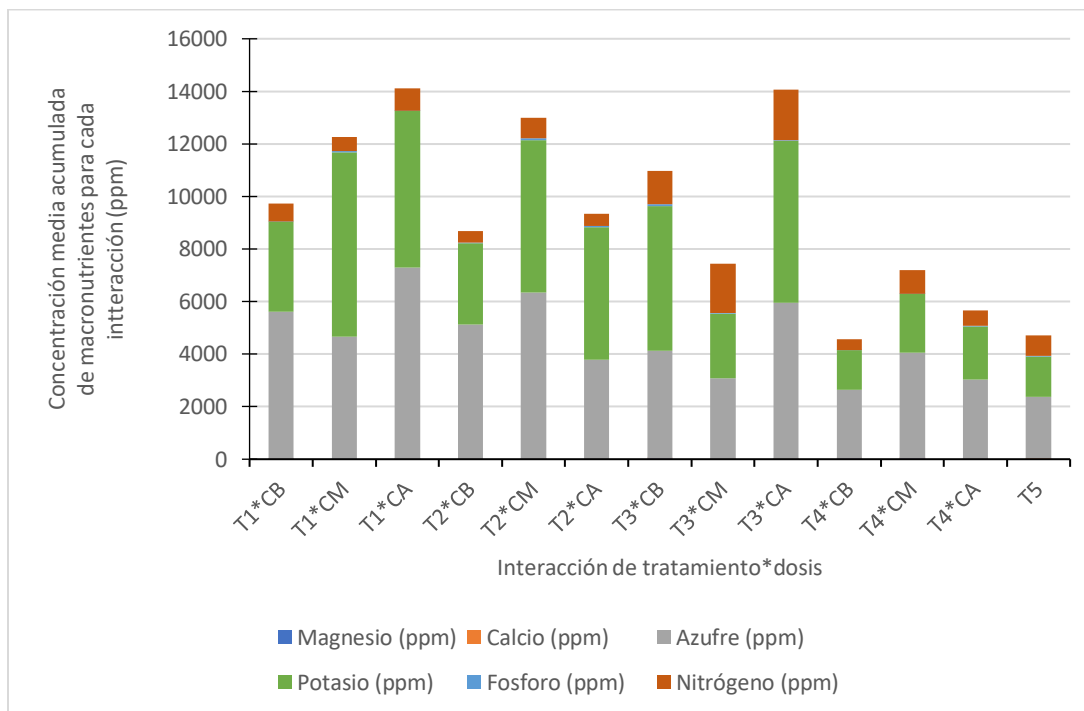
**Figura 1.** Concentración media acumulada de micronutrientes para la interacción de tratamientos y dosis. T1-Melaza, T2-Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

**Figure 1.** Cumulated mean concentration of micronutrients for the interaction of treatments and doses. T1-Molasses, T2-Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration

En la Figura 2 se aprecia que únicamente T1 muestra tendencia que al incrementar la dosis aumenta la cantidad de macronutrientes, confirmando una vez más a melaza como el tratamiento con el mayor contenido de nutrientes en su dosis alta. Sin embargo, en el resultado de la determinación de concentración de los tratamientos, T1 fue el único tratamiento al que se le tuvo que reducir la dosis en 3 ocasiones para evitar la muerte de la lombriz o que se produjera un abono muy espeso (Tabla 2), por ello este tratamiento no debe tener una concentración más alta de 5% de acuerdo a los resultados de esta investigación.

De las gráficas que se muestran en la Figura 1 y 2 también se puede apreciar que el testigo se muestra con menor concentración media acumulada de nutrientes en ambas gráficas ( $2.18 \pm 0.27$  ppm en micronutriente y  $784 \pm 979$  ppm en macronutrientes), esto puede ser debido a que los tratamientos usados ya tienen contenido nutricional previo a proceso metabólico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) al cual fueron sometidos, Melaza (Palmonari *et al.*, 2020), suero (Poveda, 2013), gobernadora (Lira, 2003), de los cuales se requiere más investigación para

determinar en qué proporción sus respectivos nutrientes pasan a formar parte de biofertilizante producido por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.).

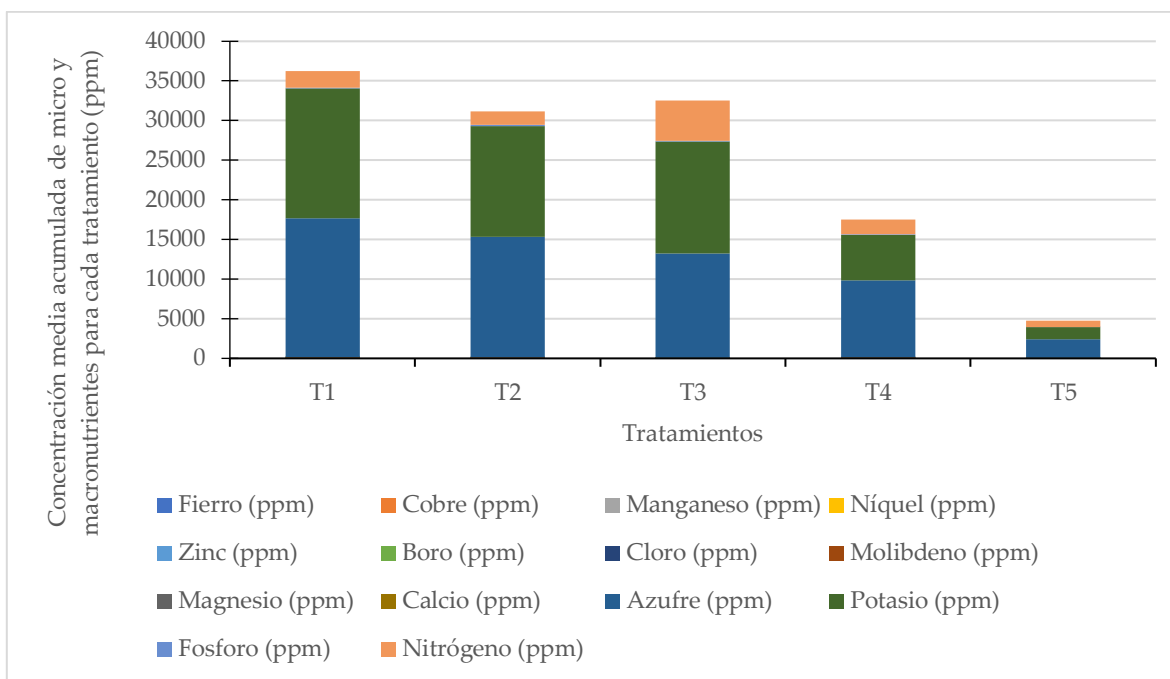


**Figura 2.** Concentración media acumulada de macronutrientes para la interacción de tratamientos y dosis. T1-Melaza, T2-Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

**Figure 2.** Cumulated mean concentration of macronutrients for the interaction of treatments and doses. T1-Molasses, T2-Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration

En cuanto a la evaluación de los tratamientos, se pudo observar que, de forma descendente, T1 obtuvo la mayor concentración media acumulada de nutrientes, seguido de T3, después T2, T4 y por último T5, como se puede observar en la Figura 3, asumiendo por ende que melaza es el tratamiento que proporciona mayor cantidad de nutrientes al biofertilizante líquido.

El segundo mejor tratamiento resalta T3 sobre T2 con una diferencia de 1405 ppm, atribuida a la cantidad de Nitrógeno (N) que proporcionó el biofertilizante cuando se usó el tratamiento de gobernadora, que con una media de  $1693 \pm 358$  resaltó con más del doble sobre los otros tratamientos Este punto es de consideración porque de no presentar T3 la cantidad más alta de Nitrógeno (N), T2 sería el segundo tratamiento con mayor cantidad de nutrientes. Esto coincide con el estudio de la influencia de diferentes sustratos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* spp.) por López *et al.*, (2013), donde se le atribuyó más disponibilidad de micronutrientes a la cantidad de materia orgánica que presentó su tratamiento en el que se involucraba melaza y suero al mismo tiempo.



**Figura 3.** Concentración media acumulada de micro y macronutrientes para tratamientos. T1- Melaza, T2- Suero de leche, T3-Infusión de gobernadora, T4-Combinación de T1, T2 y T3, T5-Testigo. CB-Concentración baja, CM-Concentración media, CA-Concentración alta.

**Figure 3.** Cumulated mean concentration of micro and macronutrients for each treatment. T1- Molasses, T2- Serum, T3- Creosote bush infusion, T4-Mix of T1, T2 and T3, T5-Control. CB-Low concentration, CM-Medium concentration, CA-High concentration.

#### 4. Conclusiones

En este estudio se muestra que el biofertilizante líquido de lombricomposta producido con los diferentes tratamientos proporcionó mayores concentraciones de Manganeseo (Mn), Níquel (Ni), Boro (B), Molibdeno (Mo), Calcio (Ca), Azufre (S) y Potasio (K) en el tratamiento de melaza (T1), Fierro (Fe), Zinc (Zn) y Fósforo (P) en el tratamiento de suero (T2), Cloro (Cl) y Nitrógeno (N) en el tratamiento de gobernadora (T3), Magnesio (Mg) en el tratamiento combinado (T4) y Cobre (Cu) en el tratamiento testigo (T5), demostrando así que T1 es el mejor tratamiento con mayor concentración en 4 micronutrientes y 3 macronutrientes. Se permite afirmar también que el uso de T1, T2, T3 y T4 incrementa el valor nutricional en comparación con el testigo (T5). Los tratamientos T2 y T3 fueron los segundos mejores en su composición, al no presentar diferencia significativa en la concentración de los elementos analizados. De igual forma, se determinó que el lixiviado producido con la combinación de los tres tratamientos usados (suero de leche, gobernadora y melaza) no une las propiedades que tiene cada uno de ellos por separado. Además, se identificó en T1 una relación directamente proporcional entre la dosis de melaza y las concentraciones tanto en micronutrientes como en macronutrientes, queriendo decir que, al aumentar la dosis de melaza, aumenta las concentraciones de los nutrientes en el lixiviado del biofertilizante. El lixiviado de lombricomposta producido con los diferentes tratamientos proporciona concentraciones de macro y micronutrientes en mayor o menor cantidad, permitiendo conocer un balance de los nutrientes

requeridos para mejorar el buen desarrollo de las plantas y reducir los impactos al medio ambiente por efecto de los agroquímicos además de mostrar una ventaja respecto a los abonos químicos que no cuentan con esa variedad en elementos.

## Agradecimientos

Se agradece al Mtro. Miguel Durán, Mtra. Wendy Coronado y la Dra. Miroslava Quiñonez por su contribución intelectual. Al Instituto Nacional de la Alimentación y la Agricultura del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (NIFA-USDA por sus siglas en inglés), por el apoyo bajo el fondo de soporte número 2015-68007-23130.

## 5. Referencias

- Abdul Baset, Mía M. (Ed.). (2015). Nutrition of crop plants. Nova Science Publishers, Inc.
- Aviles Gómez, S. E. (2018). Evaluación de varios sustratos orgánicos en el crecimiento de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) alimentadas con estiércol de bovino, pollinaza y compost, en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5156>
- Cano Prudencio, B. N. (2018). Incidencia del cambio climático en la sobrevivencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) simulando el factor temperatura en el suelo mediante radiación infrarroja, Lima Perú, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/20195>
- Colonese, M. D. C., Bernardi, M. J., Cotorruelo, J., & Saucedo, R. (2017). Humus de lombriz como alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos arenosos de huertas agroecológicas. *Agrotecnia*, (25), 19.ps <http://dx.doi.org/10.30972/agr.0252442>
- De la Mora-Covarrubias, A., Vázquez-González, F. J., & Valero-Galván, J. (2016). Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua*. 10(1), 23-31. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/582>
- Domínguez, J. (2018). Earthworms and vermicomposting. In earthworms-the ecological engineers of soil. IntechOpen. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76088>
- Domínguez, Veronica, (2019), Adornan el desierto 247 tipos de plantas, El diario de Juárez. <https://bit.ly/3tjAIFs>
- Epstein E, Bloom AJ. (2004). Mineral nutrition of plants: principles and perspectives, 2nd edn. Sinauer Associates, Sunderland. <https://www.sinauer.com/media/wysiwyg/tocs/MineralNutrition2.pdf>
- Girón, N. A. G., & López Hurtado, M. A. (2020). Selección de tecnologías LPWAN para la implementación de un sistema aplicado a la lombricultura. *Memorias*. <https://bit.ly/3xqUfIR>
- Gomez Bautista, Alma (2013). Control de poblaciones de hongo durante el crecimiento de FVH usando extractos de *Larrea Tridentata* (gobernadora). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/7471>
- Guardiola-Márquez, C. E., Moscoa, A. P., & Senés-Guerrero, C. (2019). Evaluación de biofertilizante a base de microorganismos y lixiviado de vermicomposta en cultivos de interés económico en México. *AGRO-Productividad*, 12(3), 53-62. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1348>
- Hach company, manual de operaciones y procedimientos del espectrofotometro DR/1900



- Iqbal, N., Nazir, N., Nauman, M., & Hayat, M. T. (2020). Agronomic Crop Responses and Tolerance to Metals/Metalloids Toxicity. In *Agronomic Crops* (pp. 191-208). Springer, Singapore.
- Khatua, C., Sengupta, S., Balla, V. K., Kundu, B., Chakraborti, A., & Tripathi, S. (2018). Dynamics of organic matter decomposition during vermicomposting of banana stem waste using *Eisenia fetida*. *Waste Management*, 79, 287-295. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.043>
- Lira Saldívar, R. H. (2003). Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la gobernadora (*Larrea tridentata*). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221217>
- López-Méndez, Carlos, Ruelas-Ayala, R. D., Sañudo-Torres, R. R., Armenta-López, Celso., & Félix-Herrán, J. A. (2013). Influencia de diferentes sustratos orgánicos en la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Tecnociencia Chihuahua*. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/download/662/707/>
- Maldonado-Simán, E., Chavarría-Sánchez, P. A., Martínez-Hernandez, P. A., Amendola Massiotti, R. D., Gonzalez-Garduno, R., & Hernandez-Valencia, E. (2018). Horn fly (*Haematobia irritans*) incidence on cows sprayed with creosote-bush (*Larrea tridentata* (DC.) Coville) leaf extract. *Agrociencia*, 52(3), 323-331. <https://bit.ly/3znldwb>
- Mellado Bosque, M., Reynaga Valdés, J. R., Pérez Romero, L., & Valdés Reyna, J. (2018). Evaluación de diluciones de extracto de gobernadora (*larrea tridentata*) en el control de garrapata. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/43402>
- NMX-FF-109-SCFI-2007 (Norma Oficial Mexicana para Composta). 2008. Humus de lombriz (lombricomposta)- Especificaciones y métodos de prueba. Secretaria de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación. México, D. F
- Ormeño, M., & Ovalle, A. (2011). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-Mérida., Cuba. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4854.6325>
- Osorio-Hernández, H., Ventura-Sobrevilla, J. M., Flores-Dávila, M., Lara, F., Hernández-Castillo, R. R. H. F., & Aguilar, C. N (2017). Efectividad biológica de extractos polifenólicos contra bacterias fitopatógenas. Proyecto CONAFOR-CONACYT-2004-13. <https://bit.ly/3NvwPRX>
- Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C. J., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., & Mammi, L. (2020). Characterization of molasses chemical composition. *Journal of dairy science*, 103(7), 6244-6249. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17644>
- Peñuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Vargas-Arispuro, I. C., Lares-Villa, F., Cantú-Soto, E. U., Hernández-Rodríguez, S. E. & Mungarro-Ibarra, C. (2015). Bioactividad in vitro de extractos de gobernadora (*Larrea tridentata*) sobre la inhibición de hongos poscosecha: *Alternaria tenuissima*, *Aspergillus niger*, *Penicillium polonicum* y *Rhizopus oryzae*. *Polibotánica*, (40), 183-198. <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.40.12>
- Pineda Rodríguez, J. A. (2006). *Lombricultura*. Tegucigalpa, Honduras: UAP-PASOLAC-Honduras. <https://bit.ly/398611L>
- Piza Castillo, C. R. (2017). Determinación de la calidad de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de dos procesos en el tratamiento de alimento ofertado (Doctoral dissertation). <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12929>
- Poveda, E. (2013). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de Calcio de alta biodisponibilidad. *Revista chilena de nutrición*, 40(4), 397-403. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400011>
- Ramírez-Chocolatl, Alanis-Teutle, Santander-Castillo & Alonso-Calpeño, m. J. (2017). Prototipo del sistema para visualizar escenarios virtuales de la producción de lombricomposta. *Revista de Prototipos Tecnológicos*, 3(10), 20-28. <https://bit.ly/3mkaWt3>

- Ramnarain, Y. I., Ansari, A. A., & Ori, L. (2019). Vermicomposting of different organic materials using the epigeic earthworm *Eisenia foetida*. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 23-36. <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0225-7>
- Rodriguez Arvizu, Misael. (2006). Evaluación de extracto de (*Iarrea tridintata*) como garrapaticida contra un químico comercial (amitraz). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5969>
- Rodríguez-Yzquierdo, G. A., Pradenas-Aguila, H. E., Basso-de-Figuera, C. A., Barrios-García, M., León-Pacheco, R. I., & Pérez-Macias, M. (2020). Efecto de dosis de nitrógeno en la agronomía y fisiología de plantas de maracuyá. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 117-128. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43761812010>
- Romero Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Tobar Reyes, J. R. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 45(4), 68-74. <https://bit.ly/3tkqYXK>
- Sánchez Mendoza, J. J. (2018). Evaluación del proceso de elaboración de vermicompost con dos especies de lombriz, *Eisenia foetida* y *Lumbricus* sp., en la Provincia de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4777>
- SEMARNAT (2016). Recuperado de <https://bit.ly/3lBwNtR>
- Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. P. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 15(2), 65-69. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/2002>
- Widawati, S. (2017, November). Effect of plant growth promoting rhizobacteria and molasses on seed germination and seedling growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. In *Proceedings The SATREPS Conference* (Vol. 1, No. 1, pp. 94-99). <https://publikasikr.lipi.go.id/index.php/satreps/article/view/202>
- Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Ravindran, B., Chang, S. W., & Karmegam, N. (2020). Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology—A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. *Environmental Pollution*, 115688. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115688>

2020 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Artículo Científico

## ***Pollenia rudis* y otros califóridos (Diptera: Calliphoridae) capturados en el oriente del municipio de Torreón, Coahuila, México**

*Pollenia rudis* and other blowflies (Diptera: Calliphoridae) captured in the east of the municipality of Torreón, Coahuila, Mexico

**Fabián García-Espinoza<sup>1,2\*</sup>, Sergio Hernández-Rodríguez<sup>1</sup>, Ma. Teresa Valdés-Perezgasga<sup>1</sup>, Javier López-Hernández<sup>1</sup>, Vicente Hernández-Hernández<sup>1</sup> y Cecilia Salazar-Flores<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez S/N. Torreón, Coahuila, México. C. P. 27054.

<sup>2</sup>Departamento de Agronomía, ETSIAM, Universidad de Córdoba, Campus de Rabanales, Edificio C4 Celestino Mutis. Córdoba, España. C.P. 14071.

<sup>3</sup>Estudiante de Maestría en Ciencias en Irrigación del Instituto Tecnológico de Torreón.

\*Correspondencia: Correo electrónico: \*garcia-espinoza@hotmail.com (Fabián García-Espinoza)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.745>

Recibido: 11 de noviembre de 2020; Aceptado: 8 de mayo de 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

### **Resumen**

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la dipterofauna asociada a las palmas *Washingtonia robusta* y ampliar el conocimiento sobre la taxonomía, hábitos y distribución de moscas de la familia Calliphoridae. Durante la primavera de 2018, se llevaron a cabo muestreos en palmas de la zona oriente de la ciudad de Torreón, Coahuila. El monitoreo se realizó mediante la colocación de 15 trampas con etanol al 70 % (70 % de etanol, 30 % de agua destilada). Se colectaron en total 51 individuos; de los cuales, 33 especímenes identificados a nivel especie pertenecieron a la familia Calliphoridae, 13 especímenes a la familia Sarcophagidae, dos especímenes a la familia Anthomyiidae y tres especímenes no fueron identificados. Se documentó por primera vez en el municipio de Torreón la presencia de *Pollenia rudis* Fabricius y *Phormia regina* Meigen, ambas especies pertenecientes a la familia Calliphoridae.

**Palabras clave:** moscas del racimo, nuevos reportes, muerte de palmas, plagas urbanas.

### **Abstract**

The objective of the present research was to study the dipterofauna associated with the *Washingtonia robusta* palms and to expand the knowledge about the taxonomy, habits and distribution of flies of the Calliphoridae family. During the spring of 2018, samples were carried out on palms in the eastern

zone of Torreon, Coahuila. The monitoring was carried out by placing 15 traps with 70 % ethanol (70 % ethanol, 30 % distilled water). A total of 51 individuals were collected; of which, 33 specimens identified at the species level belonged to the Calliphoridae family, 13 specimens to the Sarcophagidae family, two specimens to the Anthomyiidae family and three specimens were not identified. The presence of *Pollenia rudis* Fabricius and *Phormia regina* Meigen, both species belonging to the Calliphoridae family, was documented for the first time in the municipality of Torreón.

**Keywords:** Cluster flies, new records, death of palms, urban pests.

## 1. Introducción

Las moscas verdaderas, del orden Diptera, representan un grupo muy diverso que incluye alrededor de 100,000 especie conocidas. Los miembros de este orden tienen como principal característica un solo par de alas adaptadas para el vuelo, mientras que el segundo par son alas modificadas como halteres, estructuras que sirven para equilibrar el vuelo; aunque cabe mencionar que existen algunas especies ápteras (Triplehorn y Johnson, 2005; Malais y Ravensberg, 2006).

Este orden agrupa familias de importancia agrícola, por ejemplo, Agromyzidae e incluso miembros de la familia Ephydriidae que son minadores de las hojas; las moscas de la fruta (*Anastrepha* spp., y *Ceratitis* spp.) de la familia Tephritidae son plagas importantes en regiones frutícolas. También se encuentra en este orden la familia Anthomyiidae, conocidas como moscas de las semillas o moscas de las crucíferas (Malais y Ravensberg, 2006; Gullan y Cranston, 2010); por otro lado, se encuentran familias como Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, entre otras, que se asocian a materia orgánica en descomposición (Triplehorn y Johnson, 2005; Byrd y Castner, 2010).

Los califóridos (Diptera: Calliphoridae), también conocidos como moscas verdes o azul-metálico, observándose comúnmente alrededor de basura y desechos durante los meses de verano, agrupa a más de 1,000 especies dentro de 150 géneros, pudiendo ser encontradas en todo el mundo (Shewell, 1987a; Byrd y Castner, 2010).

En la familia Calliphoridae se encuentran los géneros *Lucilia*, *Calliphora*, *Cochliomyia* y *Chrysomya*, que son de importancia forense. Los adultos son moscas más o menos robustas de tamaño mediano que miden de 4 a 16 mm. La mayoría de las especies tienen colores metálicos brillantes (azul, verde, bronce y negro); sin embargo, algunos géneros pueden presentar un color mate u opaco como *Pollenia* y *Opsodexia* (Byrd y Castner, 2010).

De acuerdo con Martínez-Sánchez *et al.* (1998) el género *Pollenia*, con especies conocidas como moscas del racimo, se encuentra presente en todas las regiones biogeográficas con excepción de las regiones Neotropical y Etiópica. Miden un aproximado de 7 mm de largo y pueden reconocerse por distintas líneas o rayas detrás de la cabeza, cerdas delgadas y cortas de color dorado en el tórax y áreas irregulares de color gris claro y oscuro en el abdomen. Whitworth (2006) y Jewiss-Gaines *et al.* (2012) han consignado seis especies dentro el género *Pollenia* en la región neártica (Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y norte de México).

De acuerdo con Warren *et al.* (2020), la especie *Pollenia rudis*, es una plaga muy molesta ya que suele infestar edificios y otras estructuras durante los meses de otoño e invierno. Cuando lo hacen, se posan en grupos que parecen enjambres o "racimos". Las moscas adultas invaden para refugiarse del invierno; son moscas que parasitan oligoquetos, aunque existen pocos estudios que proporcionen información sobre sus huéspedes preferidos.

En el año 2015 se detectó la enfermedad del amarillamiento letal del cocotero (ALC) en el área urbana del municipio de Torreón, Coahuila, México. Esta enfermedad causó una contingencia ambiental

debido a que ocasionó la muerte de miles de palmas durante tres años consecutivos. Las especies más susceptibles fueron la palma canaria (*Phoenix canariensis* Hort. Ex. Chabaud) y la palma datilera (*Phoenix dactylifera* L.) mientras que la más tolerante fue la palma abanico (*W. robusta*).

García-Espinoza et al. (2018) reportaron un nuevo causante de muerte de palmeras y consignaron por primera vez una nueva asociación de *Xyleborus ferrugineus* (F.) (Coleoptera: Curculionidae), una especie de escarabajo ambrosial, con palma de abanico o palma washingtonia.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la dipterofauna asociada a las palmas *W. robusta* con el fin de conocer la fauna asociada a especies de palma susceptibles de enfermedades como el amarillamiento letal, además de ampliar el conocimiento sobre la taxonomía, hábitos y distribución de moscas de la familia Calliphoridae.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Sitio de estudio

En los meses de abril y mayo de 2018, se llevó a cabo el presente estudio en el área oriente del municipio de Torreón, Coahuila, México. El municipio de Torreón se localiza en la Comarca Lagunera, región que se encuentra dentro de la zona biogeográfica conocida como Desierto Chihuahuense. Predomina el clima semidesértico con escasas lluvias, estimadas en 250 mm anuales en promedio, cabe mencionar que el período de lluvias abarca desde mayo hasta octubre, siendo el periodo de julio a septiembre en los que se presentan lluvias más abundantes. Las temperaturas generalmente varían de 8 °C a 36 °C. La altitud promedio de la zona es de 1,120 msnm.

### 2.2. Método de colecta

Se realizaron muestreos y colectas en áreas verdes, camellones y parques públicos, lugares en que abundan las palmas de abanico. Para el monitoreo de insectos en palma de abanico, se utilizaron trampas de etanol, colocadas en 15 sitios (Tabla 1). Las trampas consistían en botes de PET de 500 ml, con tres aperturas en los lados y la cavidad inferior saturada de etanol al 70% (70% de etanol, 30% de agua destilada). Las trampas se revisaron cada 3 días por un período de 20 días. Al terminar de revisar las trampas, se recolectaba el contenido y se resurtía de etanol al 70%.

### 2.3. Preservación e identificación de especímenes

Los especímenes recolectados se colocaron en frascos con etanol al 70% y se transportaron al Laboratorio de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna para su montaje e identificación. Las moscas fueron montadas con alfileres entomológicos del número 2 y colocadas en cajas entomológicas. La identificación se realizó bajo estereoscopio utilizando las claves de Shewell (1987a y 1987b), Triplehorn y Johnson (2005), Whitworth (2006, 2010) y Jewiss-Gaines et al. (2012).

**Tabla 1.** Ubicación de las trampas colocadas en el oriente del municipio de Torreón, Coahuila, México.**Table 1.** Location of the traps placed in the east of the municipality of Torreón, Coahuila, Mexico.

| No. de trampa | Coordenadas Norte | Coordenadas Oeste | MSNM |
|---------------|-------------------|-------------------|------|
| 1             | 25° 33' 34''      | 103° 21' 48''     | 1120 |
| 2             | 25° 33' 13''      | 103° 21' 48''     | 1120 |
| 3             | 25° 33' 7''       | 103° 21' 52''     | 1120 |
| 4             | 25° 32' 42''      | 103° 22' 52''     | 1110 |
| 5             | 35° 22' 47''      | 103° 22' 2''      | 1120 |
| 6             | 25° 32' 49''      | 103° 21' 56''     | 1120 |
| 7             | 25° 33' 13''      | 103° 22' 14''     | 1120 |
| 8             | 25° 33' 9''       | 103° 22' 29''     | 1120 |
| 9             | 25° 33' 20''      | 103° 22' 24''     | 1110 |
| 10            | 25° 33' 25''      | 103° 22' 9''      | 1120 |
| 11            | 25° 33' 8''       | 103° 22' 31''     | 1120 |
| 12            | 25° 33' 13''      | 103° 23' 25''     | 1120 |
| 13            | 25° 33' 11''      | 103° 23' 24''     | 1120 |
| 14            | 25° 32' 59''      | 103° 23' 25''     | 1120 |
| 15            | 25° 33' 11''      | 103° 22' 42''     | 1120 |

### 3. Resultados y discusión

Se colectaron en total 51 individuos; de los cuales, 65% (33 especímenes) pertenecieron a la familia Calliphoridae, 25% (13 especímenes) a la familia Sarcophagidae, 4% (es especímenes) a la familia Anthomyiidae y 6% (3 especímenes) no se lograron identificar.

Los califóridos conforman la mayor parte de los especímenes identificados en el estudio (33 especímenes) y, de éstos, la especie con mayor número fue *Pollenia rudis* (Figuras 1, 2 y 3) con un total de 28 especímenes, seguida por *Chrysomya megacephala* (Fabricius) (cuatro especímenes) y *Phormia regina* (Meigen) con sólo un espécimen capturado.



**Figura 1.** Vista dorsal macho (izq.) y hembra (der.) de *Pollenia rudis*.

**Figure 1.** Male (left) and female (right) dorsal view of *Pollenia rudis*.



**Figura 2.** Habitus lateral de *P. rudis*.

**Figure 2.** Lateral habitus of *P. rudis*.



**Figura 3.** Vista frontal de hembra de *P. rudis*.

**Figure 3.** Front view of a female of *P. rudis*.

La especie *Pollenia rudis*, es una plaga muy molesta ya que suele infestar edificios y otras estructuras durante los meses de otoño e invierno, cuando lo hacen, se posan en grupos que parecen enjambres o “racimos” (Warren *et al.* 2020). En el presente trabajo se documenta por primera vez su presencia en el municipio de Torreón, Coahuila. Es importante mencionar que en trabajos previos de Valdés *et al.* (2010), García (2011) y García-Espinoza y Valdés-Perezgasga (2019) no se consigna este género y ninguna de sus especies enlistadas por Whitworth (2006) para el Neártico, así mismo, en un reciente trabajo de Jaume-Schinkel e Ibáñez-Bernal (2020), tampoco consignan al género *Pollenia* y sus especies en México.

Es necesario el estudio a detalle de la dinámica poblacional de *Pollenia rudis* a través de las distintas épocas del año, debido a que posee una biología interesante. De acuerdo con Martínez-Sánchez *et al.* (1998), se alimentan al igual que la mayor parte de las especies del género *Pollenia* de oligoquetos terrestres, sin embargo, también puede desarrollarse en pupas de algunos lepidópteros, por lo que, además de ser considerada como plaga, podría tener potencial de control de otros invertebrados. Se registra por primera vez la presencia de la especie *Phormia regina*, mosca de importancia forense (Byrd y Castner, 2010), especie de la familia Calliphoridae que se caracteriza por poseer una gena cubierta de cerdas delgadas de color negro y una vena tallo con setas en la parte dorsal; aunque esta especie ya había sido reportada para el estado de Coahuila por Vergara (2011) en el municipio de Saltillo, es un nuevo registro para el municipio de Torreón y la Región de la Comarca Lagunera.

#### 4. Conclusiones

Se documenta por primera vez la especie *Pollenia rudis* en el municipio de Torreón, siendo este el primer registro también para el estado de Coahuila; la especie *Phormia regina*, aunque reportada con anterioridad para el municipio de Saltillo, se consigna por primera vez en el municipio en estudio. De esta forma, se incrementa la base de datos de la dipterofauna de la Comarca Lagunera, que hasta la fecha estaba integrada por especies de importancia forense. Finalmente, se contribuye al conocimiento de las especies asociadas a palma de abanico mexicana.

#### Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) por el financiamiento al presente proyecto, a la Secretaría de Educación Pública, al Departamento de Parasitología de la UAAAN Unidad Laguna y a la Ing. Gabriela Muñoz Dávila por las facilidades brindadas.

#### Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en la publicación de estos resultados.

#### 5. Referencias

- Byrd, H.J. y J.L. Castner. (2010). Insects of forensic importance. En: Byrd y Castner (Eds.). *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. Second edition. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 681 pp.
- García E., F. (2011). *Estudio del desarrollo y ciclo vital de califóridos y biotipificación de géneros de sarcófagidos de Torreón, Coahuila*. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/42707>
- García-Espinoza, F. y M.T. Valdés-Perezgasga. (2019). Clave taxonómica para especies de califóridos (Diptera: Calliphoridae) de la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 5(2):89–96. <http://revistas.acaentmex.org/index.php/fofia/article/view/99>



- García-Espinoza, F., M.T. Valdés P., J. López-Hernández, S. Hernández-Rodríguez, C. Salazar-Flores y V. Hernández-Hernández. (2018). Nueva asociación de *Xyleborus ferrugineus* (F.) con palma washingtonia y primer reporte para el sureste de Coahuila. *Entomología mexicana*, 5: 396–400. <https://bit.ly/3xo53Bo>
- Gullan, P.J. y P.S. Cranston. (2010). *The insects. An outline of entomology*. 4th edition. Wiley-Blackwell. A John Wiley & Sons, Ltd., Publication. Malaysia. 565 pp.
- Jaume-Schinkel, S. e Ibáñez-Bernal, S. (2020). Catalog of the family Calliphoridae (Diptera: Oestroidea) of Mexico. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 36:1-25. <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612237>
- Jewiss-Gaines, A., Marshall, S.A., Whitworth, T.L. (2012). Cluster flies (Calliphoridae: Polleniinae: *Pollenia*) of North America. *Canadian Journal of Arthropod Identification* No. 19, 15 February 2012. dx.doi: <https://doi.org/10.3752/cjai.2012.19>
- Malais, M.H. y Ravensberg, W.J. (2006). *Conocer y reconocer las plagas de los cultivos protegidos y sus enemigos naturales*. Ed. Koppert B.V. & Reed Business Information, Países Bajos, 288 pp.
- Martínez-Sánchez, A., S. Rojo, K. Rognes y M.A. Marcos-García. (1998). Califóridos con interés faunístico en agroecosistemas de dehesa y catálogo de las especies ibéricas de Polleniinae (Diptera: Calliphoridae). *Boletín de la Asociación española de Entomología* 22(1-2):171-183. <http://hdl.handle.net/10045/19281>
- Shewell, G.E. (1987a). Calliphoridae. En *Manual of Nearctic Diptera* (pp. 1133-1145). Ottawa, CA, Biosystematics Research Center, Research Branch Agriculture Canada.
- Shewell, G.E. (1987b). Sarcophagidae. En *Manual of Nearctic Diptera* (pp. 1159-1186). Ottawa, Ontario, CA, Biosystematics Research Center, Research Branch Agriculture Canada.
- Triplehorn, C.A. & N.F. Johnson. (2005). *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insect*. Belmont, C.A. USA, Peter Marshall. 864 pp. <https://bit.ly/3H5rDSA>
- Valdés-Perezgasga, M. T., F. J. Sánchez Ramos, O. García-Martínez y G. S. Anderson. (2010). Arthropods of forensic importance on pig carrion in the Coahuilan Semidesert, México. *Journal of Forensic Sciences*, 55(4): 1098-1101. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2010.01381.x>
- Vergara P., S. (2011). Arribo y dispersión de algunas moscas (Diptera: Calliphoridae) con importancia forense en Saltillo, Coahuila. (Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4031>
- Warren R., J., W.K. Reeves, O. Peter O., S.J. Fonte, M.M. Miller y S. Cranshaw. (2020). A new look at earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) in Colorado, USA as hosts of the cluster fly *Pollenia rudis* F. (Diptera: Calliphoridae). *Megadriologica*, 25(8):107-112. <https://bit.ly/3GVrd13>
- Whitworth, T.L. (2006). Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of America north of Mexico. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 108:689–725. <https://www.blowflies.net/images/Publications/Keys.pdf>
- Whitworth, T.L. (2010). Keys to the genera and species of blow flies (Diptera: Calliphoridae) of the West Indies and description of a new species of *Lucilia* Robineau-Desvoidy. *Zootaxa*, 2663, 1–35. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.2663.1.1>

2020 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Artículo Científico

## **Dinámica poblacional de sardina (*Sardinella aurita*) del estado Nueva Esparta, Venezuela.**

*Population dynamics of sardine (*Sardinella aurita*) from Nueva Esparta state, Venezuela.*

**Leo Walter González<sup>1</sup>, Nora Eslava<sup>1</sup>, Francisco Guevara<sup>1</sup>, Eduardo Núñez<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Científicas, Universidad de Oriente, Boca del Río, isla de Margarita, Venezuela.

<sup>2</sup>La Perla del Sur, C.A., Las Casitas del Guamache, isla de Margarita, Venezuela

\*Correspondencia: Correo electrónico: [\\*lwgc25@gmail.com](mailto:*lwgc25@gmail.com) (Leo Walter González)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v14i3.740>

Recibido: 05 de noviembre de 2020 Aceptado: 28 de mayo de 2021

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

### **Resumen**

El objetivo de esta investigación fue estimar la reproducción, crecimiento y mortalidad de la sardina (*Sardinella aurita*) en el estado Nueva Esparta, Venezuela, a través de muestreos mensuales desde abril hasta diciembre de 2019. Se analizaron 3,679 ejemplares a los cuales se les registró longitud total (cm), peso total (g), sexo y madurez sexual. La proporción sexual de hembras a machos difirió significativamente de 1:1. Se observaron tres pulsos de desove (mayo, julio y noviembre). La longitud media de madurez sexual se estimó en 19.53 cm. La relación longitud-peso para ambos sexos fue:  $P = 5.1 \times 10^{-3} * L^{3.15}$ . Se utilizaron las rutinas del paquete FiSAT para estimar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy:  $L_{\infty} = 23.30$  cm,  $k = 0.71$  año<sup>-1</sup>,  $P_{\infty} = 103.18$  g,  $t_0 = -0.12$  años, en tanto que el índice de desempeño del crecimiento  $\emptyset'$  fue 2.59. Las tasas de mortalidad total (Z), natural (M) y por pesca (F) fueron calculados en 2.66, 1.09 y 1.57 año<sup>-1</sup>, respectivamente. La tasa de explotación actual ( $E = 0.59$  año<sup>-1</sup>) indica que el recurso se encuentra sobre explotado, por consiguiente, se sugiere regular la pesquería, disminuyendo la mortalidad por pesca aplicando dos vedas al año o cuotas de pesca, y mantener la talla media de captura de 19 cm.

**Palabras clave:** dinámica poblacional, pesca artesanal, *Sardinella aurita*, Venezuela.

### **Abstract**

The objective of this research was to estimate the reproduction, growth and mortality of the sardine (*Sardinella aurita*) from Nueva Esparta state, Venezuela, through monthly samplings from April to December 2019. 3,679 specimens were analyzed and their total length was recorded (cm), total weight (g), sex and sexual maturity. The sex ratio of females to males differed significantly from 1:1. Three spawning pulses were observed (May, July and November). The mean length at sexual maturity was 19.53 cm. The length-weight relationship for both sexes was  $W = 5.1 \times 10^{-3} * L^{3.15}$ . The routines of the FiSAT package were used to estimate von Bertalanffy growth parameters:  $L_{\infty} = 23.30$  cm,  $k = 0.71$  year<sup>-1</sup>,  $W_{\infty} = 103.18$  g,  $t_0 = -0.12$  years,

while the performance index of the growth  $\emptyset'$  was 2.59. The total (Z), natural (M) and fishing (F) mortality rates were calculated at 2.66, 1.09 and 1.57 year<sup>-1</sup>, respectively. The current exploitation rate ( $E = 0.59$  year<sup>-1</sup>) indicates that the resource is overexploited, therefore, it is suggested to regulate the fishery, reducing mortality by applying, two closures per year or fishing quotas and maintaining the average size of 19 cm capture.

**Keywords:** Population dynamics, *Sardinella aurita*, artisanal fishers, Venezuela

## 1. Introducción

La sardina (*Sardinella aurita*) es una especie pelágica costanera abundante del Océano Atlántico Tropical, tanto en las costas africanas como americanas. En el Atlántico Occidental desde Woods Hole, Massachusetts (EUA), en el Golfo de México hasta Río de Janeiro, Brasil. En Venezuela se presenta desde el Golfo de Venezuela hasta el Golfo de Paria, sin embargo su abundancia es particularmente alta en la región nororiental, debido al fenómeno de surgencia costera (Cervigón, 1991). Se caracteriza por presentar fuertes fluctuaciones espacio-temporales de abundancia, producidos por efecto del ambiente o de explotación sobre los reclutas dado su comportamiento de concentraciones en cardúmenes que de algún modo los hace vulnerables al arte de pesca (De Anda *et al.*, 1994), y contribuyen a aumentar la variabilidad natural del reclutamiento fuertemente dependiente de las condiciones ambientales. La temperatura y el viento guardan cierta asociación con la pesquería, *e.g.* González *et al.* (2007a) demostraron que la mayor disponibilidad y/o accesibilidad de la sardina corresponde a los meses de enero a junio cuando ocurre la mayor intensidad de vientos y las temperaturas bajas; por otro lado, Taylor *et al.*, (2012) comprobaron que el aumento de la temperatura superficial del mar muestra una correlación importante con la disminución de la densidad de fitoplancton. Sin embargo, Fréon *et al.* (1997), señalaron que es difícil determinar con precisión la influencia de la variabilidad ambiental anual en la biología de la sardina, debido posiblemente a la hidrografía de la región nororiental de Venezuela, pues la surgencia costera inducido por el viento en la temporada seca y la descarga del río Orinoco en la época de lluvias se alternan en sus máximas estaciones, provocando una alta productividad sostenida todo el año.

Las prospecciones hidroacústicas realizadas por el Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo en Cooperación (ORSTOM) y Fundación La Salle (FLASA) desde 1985 hasta 1988 estimaron una biomasa total entre 800,000 y 1, 000,000 de toneladas (Mendoza, 1990). Sin embargo, el aparente crecimiento sostenido de la pesquería se vio afectado con la drástica disminución de las capturas desde 2005 hasta 2014 por una sobre explotación del recurso, y su efecto provocó impactos desfavorables en los subsectores de extracción y procesamiento por el incremento del esfuerzo de pesca como consecuencia de la exportación desmedida de sardina congelada a Brasil, a pesar de las sugerencias manifestadas por la investigación pesquera, originando una disminución en el tamaño del stock desovante por sobrepesca de reclutamiento (González *et al.*, 2016). A partir del 2015 se observó una ligera recuperación del stock pescable por las medidas de ordenación implementadas, como el aumento de la talla mínima de captura (19 cm) y la veda temporal de 3 meses de enero a marzo, que corresponde con la época reproductiva más intensa, y que posteriormente fue modificada del 15 de diciembre al 15 de marzo. Según las estadísticas oficiales del Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura (INSOPESCA) la pesca nacional de captura en el 2019 fue de 205,151 toneladas y de sardina 54,981 toneladas (26.8%) producidos por los estados Sucre y Nueva Esparta. En el caso de Nueva Esparta se capturaron 13,725 toneladas (24.9%), percibiéndose una disminución del 52.02% con respecto al 2018 que fue de 26,380 toneladas. Por otro lado, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) fue de 38.44 toneladas / lance por debajo a la obtenida en el 2018 de 101.46

toneladas / lance. Este escenario podría agravar la frágil situación del stock debido a la tendencia creciente del esfuerzo que no logra ser compensado con el rendimiento.

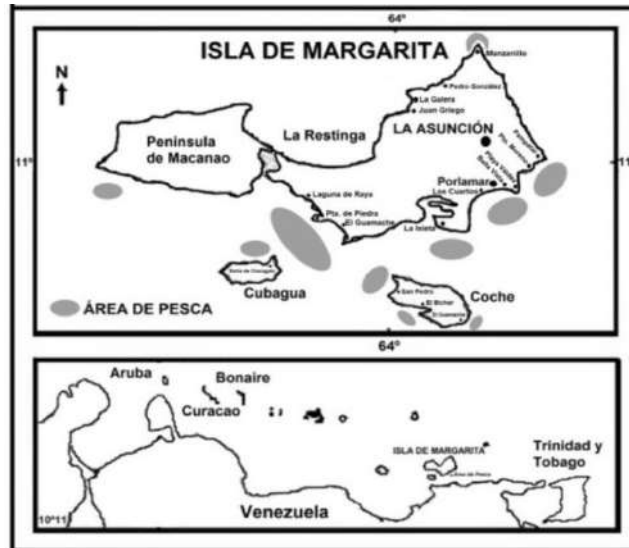
Debido al interés ecológico en la cadena trófica del ecosistema marino costero que sostiene a otras pesquerías artesanales estacionales de escómbridos y carángidos, entre otros, y la relevancia socioeconómica que representa en Venezuela se amerita el uso de información periódica sobre los parámetros biológicos indispensables en la evaluación de las poblaciones, para administrar adecuadamente el recurso. Desde hace varios años, se han realizado estudios en Venezuela sobre la biología reproductiva (Figuera, 1967, Fréon *et al.*, 1997, Reyes, 1981, Ramírez and Huq, 1986, Guzmán *et al.*, 2001, Mendiola, 2004, Gassman *et al.*, 2008, Tagliafico *et al.*, 2008), Gassman *et al.*, 2012, crecimiento y mortalidad (Guzmán *et al.*, 1998, González and Eslava, 2000, Guzmán and Gómez, 2000, Ramírez de O., 2002, Mendoza *et al.*, 2003, Tagliafico *et al.*, 2008,) y de dinámica poblacional (Etchevers, 1974, Mendoza *et al.*, 1994, Mendoza, 1996, Cárdenas and Archury, 2000, González *et al.*, 2007b, Eslava *et al.*, 2009, González *et al.*, 2020). En este contexto, surgió la hipótesis que plantea la posible existencia de una relación entre los parámetros biológicos-pesqueros y el rendimiento de la biomasa pescable disponible y accesible al arte de pesca que utilizan los pescadores en el estado Nueva Esparta. Por consiguiente, se estimó la reproducción, crecimiento y mortalidad indispensables en la evaluación de la población, a fin de sugerir posibles soluciones en la toma de decisiones.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Material biológico

Se realizaron 21 muestreos, desde abril hasta diciembre del 2019, con un tamaño de muestra mensual que varió de 200 a 614 ejemplares obtenidos al azar en los lugares de desembarco de la flota artesanal sardinera que opera en los caladeros del estado Nueva Esparta: islas de Cubagua, Coche y Margarita (Manzanillo, El Morro - Playa Valdez, Pampatar, Laguna de Raya, La Isleta y Península de Macanao) (Fig. 1). Las muestras se trasladaron frescas en cavas portátiles al laboratorio de Biología Pesquera del Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Oriente, para su examen biométrico. Es importante acotar que la pesca de sardina se realiza con chinchorro de playa (*beach net*), llamado también chinchorro o tren sardinero, y los caladeros se encuentran en zonas muy costeras (menor a 3 millas) y de poca profundidad, los que condicionan la accesibilidad al tamaño del cardumen a ser capturado total o parcialmente.

En el laboratorio fueron analizados 3,679 ejemplares a los cuales se les registró, a cada ejemplar la longitud total (L) en cm, comprendida desde extremo anterior de la boca hasta el extremo posterior de los radios más largos de la aleta caudal, utilizando un ictiómetro marca Wildco modelo 118 con apreciación de 1 mm, y el peso total sin eviscerar (P) en g mediante una balanza electrónica marca Sartorius modelo 1106 con precisión de 0.01 g y 1 kg de capacidad máxima.



**Figura 1.** Área de pesca de *Sardinella aurita* del estado Nueva Esparta, Venezuela.  
**Figure 1.** Fishing area of *Sardinella aurita* from Nueva Esparta State, Venezuela

## 2.2. Reproducción

### 2.2.1. Identificación del sexo

La identificación sexual y sus diferentes estadios de desarrollo gonadal se establecieron mediante la observación directa, según Holden and Raitt (1975). Para analizar si existían desviaciones significativas respecto a la proporción sexual 1:1 se aplicó la prueba Chi-cuadrado ( $\chi^2 = p < 0.05$ ) con corrección de Yates para continuidad (Steel and Torrie, 1985); y con el fin de verificar si la proporción sexual fue variable durante los meses de estudio, se empleó una prueba de heterogeneidad de la Chi-cuadrado (Steel and Torrie, 1985). Las diferencias estadísticas significativas entre las longitudes por sexo se precisaron con la aplicación de la prueba t-student (Zar, 2010).

### 2.2.2. Madurez sexual

La talla media de madurez sexual de la población ( $L_{50}$ ) se obtuvo estimando la fracción de ejemplares maduros y desovando ( $n = 927$ ) en cada intervalo de talla de machos y hembras, mediante la curva logística modificada de Hoydal *et al.* (1982), sugerida por Gaertner and Laloé (1986) y Eslava (2007) según la ecuación 1:

$$F_{(L)} = 1 / 1 + e^{(S_1 - S_2 * L)} \tag{Ec. 1}$$

Donde:

$F_{(L)}$ : Fracción a cada talla.

$S_1$  y  $S_2$ : Constantes a y b del modelo de regresión lineal.

L: Marca de clase de la longitud de referencia.

Para calcular  $S_1$  y  $S_2$  se aplicó la ecuación 2:

$$\ln \left( \frac{1}{F(L)} - 1 \right) = S_1 - S_2 * L \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

ln: Logaritmo neperiano.

Una vez obtenido los valores de las constantes  $S_1 = a$  y  $S_2 = -b$  se dividió  $S_1 / S_2$  para obtener el  $L_{50}$ .

### 2.3. Relación longitud-peso

La relación entre longitud y peso se determinó mediante la ecuación potencial de Ricker (1975) de acuerdo a la ecuación 3:

$$P = a * L^b \quad (\text{Ec. 3})$$

Donde:

P: Peso total (g) del pez.

L: Longitud total (cm) del pez

a y b: Constantes del modelo potencial de la relación longitud-peso.

Las constantes a y b fueron estimadas por el método de mínimos cuadrados, previa linealización de los datos mediante una transformación logarítmica (ln). La constante b indica la isometría o alometría como expresión de crecimiento del pez. Se aplicó la hipótesis del crecimiento isométrico (Ricker, 1975) mediante la prueba t-student (Walpole *et al.*, 2012) con un nivel de significación de  $\alpha = 0.05$ .

### 2.4. Crecimiento

El crecimiento se asumió al descrito por el modelo de von Bertalanffy (1938) (ECVB). El cálculo de la longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) y el coeficiente de crecimiento o curvatura (k) de la ECVB, se basó en el método indirecto del análisis de la distribución mensual de las frecuencias de longitud de *S. aurita* con un rango de 1 cm, utilizando las rutinas del paquete FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (Gayanilo *et al.*, 1996). Se determinó la longitud asintótica aplicando el Método de Powell (1979) y Wetherall (1986), la que permitió establecer el coeficiente de crecimiento mediante la rutina ELEFAN I (Pauly and David, 1981), previa reestructuración de las frecuencias de longitud. El  $t_0$  se estimó de acuerdo a lo indicado por Pauly (1979) en la ecuación 4:

$$\log_{10} (-t_0) = -0.3922 - 0.2752 * \log_{10} L_{\infty} - 1.038 * \log_{10} k \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

$t_0$ : Constante, representa la edad que debe tener el pez para que su longitud sea igual a cero.

$L_{\infty}$ : Longitud asintótica o longitud máxima promedio del pez.

k: Coeficiente de crecimiento o de curvatura.

$\log_{10}$ : Logaritmo base 10

El peso asintótico se estimó mediante la ecuación 5 de Ricker (1975) sugerida por Csirke (1980):

$$P_{\infty} = a * L_{\infty}^b \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

$P_{\infty}$ : Peso asintótico o peso máximo promedio del pez.

a y b: Constantes del modelo potencial de la relación longitud-peso

Para el cálculo de la longevidad teórica se utilizó la ecuación 6 anotada de Taylor (1958):

$$A_{0.95} = t_0 + 2.996/k \quad (\text{Ec. 6})$$

Donde:

$A_{0.95}$ : Edad máxima o tiempo requerido para alcanzar el 95% de la longitud máxima del pez.

Una vez calculados los parámetros de la ECVB ( $L_{\infty}$ ,  $P_{\infty}$ , k y  $t_0$ ), se establecieron las curvas de crecimiento en longitud y peso respectivamente, hasta la edad límite, según las ecuaciones 7 y 8:

$$L_t = L_{\infty} [ 1 - e^{-k(t-t_0)} ] \quad (\text{Ec. 7})$$

$$P_t = P_{\infty} [ 1 - e^{-k(t-t_0)} ]^b \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde:

t: Edad

$L_t$ : Longitud del pez a la edad t

$P_t$ : Peso del pez a la edad t

e: Base de logaritmo neperiano

Se determinó el índice de desempeño del crecimiento phi prima ( $\phi'$ ) para comparar los parámetros de crecimiento con los resultados obtenidos por otros investigadores en diferentes regiones, de acuerdo a la fórmula de Munro and Pauly (1983) indicado en la ecuación 9:

$$\phi' = \log_{10} k + 2 * \log_{10} L_{\infty} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

$\phi'$ : Índice de desempeño de crecimiento.

Se consideró el criterio de Sparre and Venema (1997), quienes señalaron que el coeficiente de variación (CV) de  $\phi'$  no debe exceder de 4% para asumir que los resultados son estadísticamente similares.

## 2.5 Mortalidad

La mortalidad natural (M) se calculó utilizando el método empírico de Pauly (1980) mostrada en la ecuación 10:

$$\log_{10} (M) = -0.0066 - 0.279 * \log_{10} L_{\infty} + 0.6543 * \log_{10} k + 0.4634 * \log_{10} T \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

M: Tasa instantánea de mortalidad natural

T: Temperatura del agua

La temperatura superficial media del agua en 2019 según el Centro Internacional para la Investigación de El Fenómeno de El Niño (CIIFEN) fue de 29 °C, y luego se multiplicó por el factor 0.7 del rango de 0.6 a 0.8 sugerido por Pauly (1980) basado en que probablemente la M de los clupeidos tropicales formadores de cardúmenes están sobreestimados (Pauly, 1980; Ursin, 1984).

La mortalidad total (Z) se calculó mediante el método de la curva de captura linealizada convertida a longitudes (Pauly, 1983) según la ecuación 11:

$$\ln (N_i / \Delta t_i) = a + b * t'_i \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

N<sub>i</sub>: Número de individuos capturados pertenecientes a la clase de longitud i.

t'<sub>i</sub>: Edad relativa de la clases de longitud i.

Δt<sub>i</sub>: Tiempo medio requerido por individuo para su crecimiento a través de la clase i.

a y b: Constantes del modelo de regresión lineal.

La mortalidad por pesca (F) se calculó de la diferencia entre Z y M, según la ecuación 12 de Gulland (1971):

$$F = Z - M \quad \text{Ec. 12}$$

Donde:

F: Tasa instantánea de mortalidad por pesca.

Z: Tasa instantánea de mortalidad total.

La tasa de explotación (E) fue calculada utilizando la ecuación 13 de Gulland (1971) quien indicó que la tasa de explotación óptima (E óptima) ocurre cuando E = 0.5 año<sup>-1</sup>:

$$E = F/Z \quad \text{Ec. 13}$$

Donde:

E: Fracción de muerte por explotación.



### 3. Resultados y discusión

Se examinó un total de 3,679 ejemplares con longitudes entre 9.2 y 23.6 cm y pesos que fluctuaron entre 5.07 g y 104.91 g, como se puede observar en la Tabla 1. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para la longitud entre hembras y machos ( $t_s = 0.80$ ;  $p > 0.05$ ), por lo que se determinó el crecimiento para los sexos combinados.

**Tabla 1.** Ejemplares examinados de *Sardinella aurita* del estado Nueva Esparta, Venezuela, durante el periodo abril - diciembre 2019.

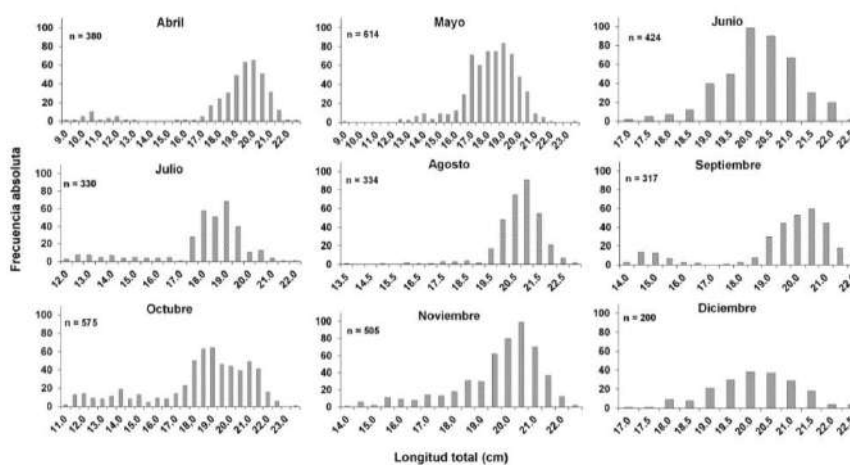
**Table 1.** Specimens examined of *Sardinella aurita* from Nueva Esparta State, Venezuela, during the period April - December 2019.

| Sexo                | n            | Longitud total (cm) |             |            | Peso total (g) |              |              |
|---------------------|--------------|---------------------|-------------|------------|----------------|--------------|--------------|
|                     |              | Min - Max           | Media       | DE±        | Min - Max      | Media        | DE±          |
| Hembras (♀♀)        | 2,067        | 11.4 – 23.6         | 19.5        | 1.9        | 9.82 – 104.91  | 60.91        | 16.94        |
| Machos (♂♂)         | 1,510        | 11.8 – 22.9         | 19.6        | 1.4        | 11.14 – 100.76 | 62.34        | 13.03        |
| Indeterminados (♀♂) | 102          | 9.2 – 14.4          | 12.4        | 1.3        | 5.07 – 23.82   | 13.84        | 4.46         |
| <b>Total</b>        | <b>3,679</b> |                     | <b>17.7</b> | <b>1.5</b> |                | <b>45.70</b> | <b>11.48</b> |

n = número de ejemplares examinados; Min = valor mínimo; Max = valor máximo; valor medio; DE = desviación estándar.

n = number of specimens examined; Min = minimum value; Max = maximum value; Media = mean value; DE = standard deviation.

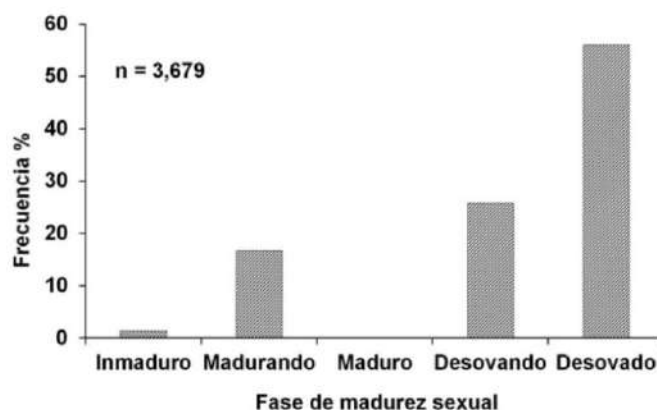
En la Fig. 2 se puede apreciar el ingreso de la sardina a la zona de pesca a partir de una longitud de 9 cm en abril y de 11 cm en octubre cuando tienen 6 meses de edad que según Mendoza *et al.* (2003) lo alcanza a una longitud de 10 cm. Este evento explica dos reclutamientos al año como resultado de la intensidad estacional de la reproducción y migración por alimento a zonas de mayor productividad que favorezcan su crecimiento. González *et al.* (2007b), mencionan que el patrón de reclutamiento es continuo durante el año con dos pulsos en marzo - abril y julio - agosto que coincide con la máxima actividad reproductiva.



**Figura 2.** Distribución de frecuencia de longitudes mensuales de *Sardinella aurita* durante el periodo abril - diciembre 2019.

**Figure 2.** Frequency distribution of monthly lengths of *Sardinella aurita* during the period April - December 2019.

Se observó mayor porcentaje de hembras (56.18%) que de machos (41.04%), y los de sexo indeterminado representaron el 2.77%. La proporción obtenida fue de 1.4:1 hembras a machos, la cual difirió significativamente de una proporción 1:1 a un nivel de confianza de 95% ( $\chi^2 = 86.58$ ;  $p < 0.05$ ). En la Fig. 3 se presenta la variación porcentual de los individuos en las diferentes Fases de madurez sexual, donde la Fase 1 (inmaduros), estuvo levemente representada por 150 individuos, la Fase 2 (en maduración) mostró con 598 individuos, en la Fase 3 (maduros) solo se observaron 3 ejemplares, la Fase 4 (desovando) estuvo representada con 924 individuos y la Fase 5 (Desovado) exhibió 2,004 ejemplares que representó el 54.47%, lo que evidencia que un poco más del 50% del stock reproductor de sardina ingresa al área de pesca desovado.

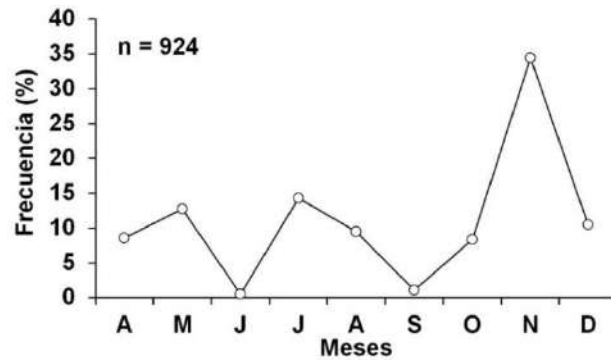


**Figura 3.** Distribución de las fases de madurez sexual de *Sardinella aurita* durante el periodo abril - diciembre 2019.

**Figure 3.** Distribution of the stages of sexual maturity of *Sardinella aurita* during the period April - December 2019.

La presencia de óvulos de diferente tamaño en los ovarios maduros reportados por Gassman *et al.* (2008), pone en evidencia el carácter parcial y continuo del desove de *S. aurita* al no madurar los óvulos al mismo tiempo, tal como lo afirman Figuera (1967), Reyes (1981), Ramírez and Huq (1986) y Guzmán *et al.* (2001). En cuanto a la época de desove, la presencia de individuos desovados durante todos los meses de estudio, evidencia que la especie se reproduce durante todo el año. La frecuencia de individuos de Fase 4 (desovando) mostró fluctuación a lo largo de todo el periodo de muestreo, reconociéndose desoves continuos con dos picos altos en mayo y julio y uno de mayor magnitud reproductiva en noviembre (Fig. 4). De acuerdo con estos resultados el desove más intenso ocurre en noviembre y posiblemente hasta marzo que coincide con la surgencia costera. Este evento no se pudo constatar porque los muestreos se realizaron solo en la temporada de pesca quedando interrumpidos los muestreos durante la veda que empieza desde el 15 de diciembre hasta el 15 de marzo (Resolución DM/Nº 043-17 del 04/12/2017) publicado en Gaceta Oficial Nº 41.295 del 07/12/2017. Sin embargo, estudios realizados por Gassman *et al.* (2012) determinaron que el índice de gónadas presenta variación a lo largo del año, reconociéndose un desove continuo con dos periodos de relativa intensidad reproductiva, uno de mayor actividad que ocurre de febrero a abril con un valor máximo en marzo y otro de menor magnitud de octubre a diciembre con un valor máximo en el mes de noviembre; guardando cierta coincidencia con Tagliafico *et al.* (2008) en el primer lapso (enero - marzo) más no en el segundo periodo (julio - diciembre). Estos resultados se podrían asociar con la temperatura superficial del mar (TSM). De acuerdo al CIIFEN, en mayo el Mar Caribe mantuvo una TSM cerca de lo normal (26 °C), pero entre el Ecuador y los 10° N se presentaron

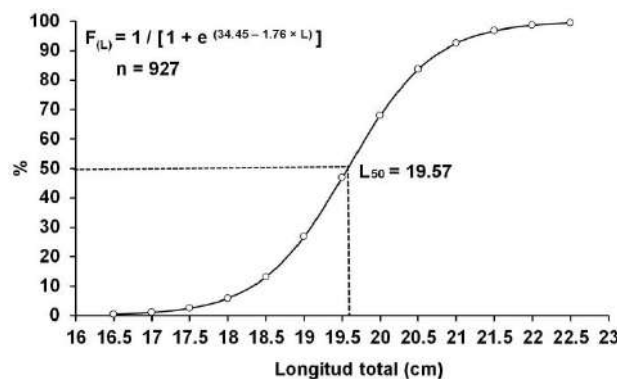
ligeras anomalías cálidas debido a vientos anómalos del oeste en las costas del norte de Sudamérica alcanzando los 29 °C promedio anual de la TSM. Cárdenas and Archury (2000) señalaron a la temperatura como indicador rector que condiciona de manera importante las demás variables ambientales y los focos de surgencia. Por otro lado, es importante acotar que la duración de los periodos reproductivos cambia en función de la variabilidad ambiental anual asociados con épocas de alta productividad, y pueden comenzar en diferentes épocas del año, debido a la estrategia reproductiva oportunista de la sardina que desova cuando las condiciones ambientales le son favorables para la sobrevivencia de sus huevos y larvas.



**Figura 4.** Variación mensual del estado de madurez 4 (desovando) de *Sardinella aurita* durante el periodo abril - diciembre 2019.

**Figure 4.** Monthly variation of the maturity stage 4 (spawning) of *Sardinella aurita* during the period April - December 2019.

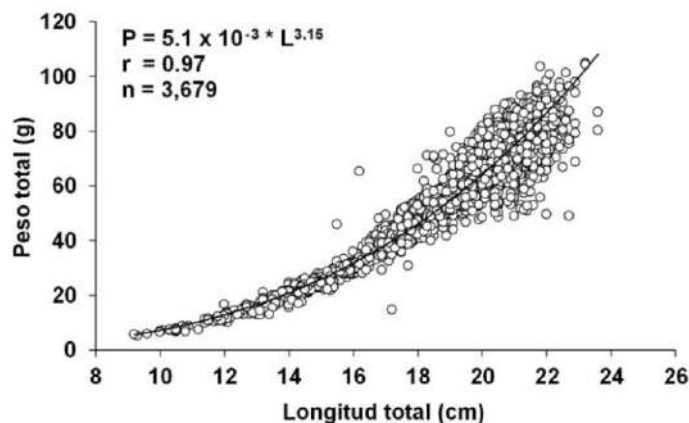
Los valores obtenidos de la talla de madurez del 50% de la población ( $L_{50}$ ) por Mendiadúa (2004), Gassman *et al.* (2008) y Tagliafico *et al.* (2008), oscilaron desde 18.5 hasta 20 cm y la obtenida en el presente trabajo fue 19.57 cm, valor que estuvo dentro del rango estimado para el estado Nueva Esparta (Fig. 5), y muy cercano a 19.7 cm estimado por Fréon *et al.* (1997) para las costas orientales de Venezuela. Podemos demostrar que la talla media de madurez sexual fue ligeramente superior a la permitida por la regulación vigente ( $L_{50} = 19$  cm) y una talla mínima de madurez sexual de 16.5 cm. Sin embargo, resultados preliminares del 2020 estimados por L.W. González (2021, com. pers.) indican una longitud modal de las capturas de 17 cm y longitudes de madurez sexual media ( $L_{50} = 17.35$  cm) y mínima ( $L_{min} = 13.5$  cm). Es posible que también esté ocurriendo en esta pesquería una sobre pesca de crecimiento.



**Figura 5.** Longitud media de madurez sexual ( $L_{50}$ ) de *Sardinella aurita* durante el periodo abril - diciembre 2019.

**Figure 5.** Sexual maturity curve and size at maturity ( $L_{50}$ ) from of *Sardinella aurita* during the period April - December 2019.

La relación longitud-peso como expresión de crecimiento quedó establecida como:  $P = 5.1 \times 10^{-3} * L^{3.15}$  (Fig. 6) y demostró estadísticamente un crecimiento isométrico ( $t_s = 1.39$ ;  $p > 0.05$ ), lo que indica que los ejemplares, tienen un crecimiento individual donde las proporciones geométricas del cuerpo no cambian (crecimiento homogéneo).

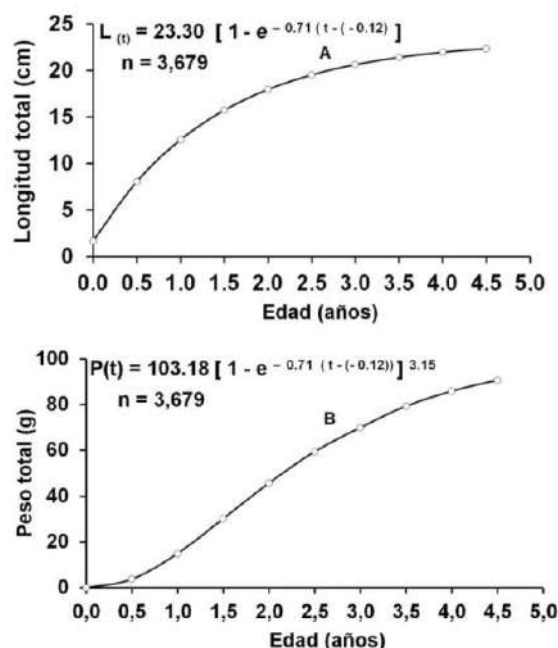


**Figura 6.** Relación longitud-peso de *Sardinella aurita* durante el periodo abril - diciembre 2019.  
**Figure 6.** Length-weight relationship of *Sardinella aurita* during the period April - December 2019.

Los ejemplares de mayor talla registrados fueron de 23.6 cm en hembras y 22.9 en machos con un valor promedio de 23.5 cm no muy lejano a la longitud asintótica estimada ( $L_{\infty} = 23.3$  cm), que fue utilizada como dato de entrada en la rutina ELEFAN I para la estimación de  $k$ . Luego de varias corridas, se obtuvo la valoración de  $k = 0.71$  año<sup>-1</sup>. Se estimó el  $t_0 = -0.12$  años, lo que permitió finalmente determinar la edad límite  $A_{0.95} = 4.2$  años. Las tasas de crecimiento obtenidos en el análisis de la progresión modal no se usaron, porque los grupos modales no quedaron bien definidos. Se obtuvo un peso asintótico de 103.18 g, utilizando las constantes  $a = 5.1 \times 10^{-3}$  y  $b = 3.15$  de la ecuación de la relación longitud-peso y el parámetro preliminar de crecimiento  $L_{\infty} = 23.30$  cm. La curva de crecimiento en longitud describió una curva de tipo exponencial, acelerado en el primer año de vida y luego disminuyó gradualmente hasta alcanzar la longitud máxima teórica (Fig. 7A) y la curva de crecimiento en peso mostró un comportamiento sigmoideo lento en el primer año de vida, luego en forma exponencial hasta los dos años y posteriormente, una disminución paulatina hasta alcanzar su peso asintótico (Fig. 7B). La longitud asintótica obtenida ( $L_{\infty} = 23.30$  cm) y el peso asintótico ( $P_{\infty} = 103.18$  g) fue cercano al del ejemplar de mayor talla observado en el muestreo (104.91 g). El coeficiente de crecimiento ( $k = 0.71$  año<sup>-1</sup>) demostró que la especie posee un crecimiento moderadamente rápido. El  $t_0$  fue de  $-0.12$  año y la edad límite teórico de 4.2 años. Según Mendoza *et al.* (2003), la talla de reclutamiento a la pesquería es de 10 cm que alcanza a los seis meses de edad relativa, mientras que la talla de primera madurez sexual se presenta alrededor del año de edad, y la mayor parte del crecimiento se desarrolla particularmente en los dos primeros años.

El valor del coeficiente de variación de  $\emptyset'$  estimado (2.59) resultó estar por debajo de los calculados por los autores mencionados utilizando el método de frecuencia de tallas (Tabla 2). Una explicación es que los parámetros de la curva de crecimiento en longitud fueron los más bajos ( $L_{\infty} = 23.30$  cm,  $k = 0.71$  año<sup>-1</sup>) de los últimos 23 años. Por otro lado, el  $\emptyset'$  promedio  $2.80 \pm 0.12$  (CV= 4%) no mostró variabilidad del patrón de crecimiento de *S. aurita* en diferentes áreas de la región oriental de Venezuela, esto conlleva a plantear que esta regularidad en el crecimiento es el resultado de una estrategia adaptativa de la sardina al sistema de surgencia costera estacional, que consistiría en aprovechar esta época para crecer (González *et al.*, 2007b). A pesar que los parámetros de crecimiento de los países africanos son altos, González and

Eslava (2000) observaron el mismo comportamiento al comparar los  $\emptyset'$  promedios de Venezuela, Golfo de México, Senegal y El Congo, confirmando la teoría de Pauly and Munro (1984) que las especies de una misma familia tienen valores similares de  $\emptyset'$ .



**Figura 7.** (A) Curva de crecimiento en longitud de *Sardinella aurita* según el modelo de von Bertalanffy (1938). (B) Curva de crecimiento en peso de *Sardinella aurita* según el modelo de von Bertalanffy (1938). **Figure 7.** (A) Growth curve in length of *Sardinella aurita*, according to the von Bertalanffy model (1938). (B) Growth curve in weight of *Sardinella aurita*, according to the von Bertalanffy model (1938).

**Tabla 2.** Parámetros de crecimiento de *Sardinella aurita* estimados por diferentes autores en Venezuela. **Table 2.** Growth parameters of *Sardinella aurita* estimated by different authors in Venezuela

| Método               | $L_{\infty}$ (cm) | $k$ (año <sup>-1</sup> ) | $\emptyset'$ | Fuente                          | Áreas                      |
|----------------------|-------------------|--------------------------|--------------|---------------------------------|----------------------------|
| Frecuencia de tallas | 24.40             | 1.13                     | 2.83         | Guzmán <i>et al.</i> , (1998)   | Golfo de Cariaco           |
| Frecuencia de tallas | 28.45             | 0.83                     | 2.83         | González and Eslava (2000)      | Nueva Esparta              |
| Frecuencia de tallas | 26.60             | 1.26                     | 2.95*        | Mendoza <i>et al.</i> (2003)    | Oriente de Venezuela       |
| Frecuencia de tallas | 25.46             | 0.86                     | 2.75         | González <i>et al.</i> (2007b)  | Sur este Isla de Margarita |
| Frecuencia de tallas | 26.00             | 1.10                     | 2.87         | Tagliafico <i>et al.</i> (2008) | Sur este Isla de Margarita |
| Frecuencia de tallas | 23.30             | 0.71                     | 2.59         | Presente trabajo                | Nueva Esparta              |

**Media = 2.80; DE = 0.12 ±; CV = 4 %**

$L_{\infty}$  = longitud asintótica;  $k$  = coeficiente de crecimiento;  $\emptyset'$  = índice de desempeño de crecimiento.

$L_{\infty}$  = asymptotic length;  $k$  = growth coefficient;  $\emptyset'$  = growth performance index.

DE = desviación estándar; standard deviation.

CV = coeficiente de variación; coefficient of variation.

\* Valor recalculado; recalculated value.

La tasa de mortalidad total obtenida mediante regresión lineal obtenida mediante regresión lineal de los puntos ubicados en la fase explotada de la curva de captura fue  $Z = 2.66 \text{ año}^{-1}$  ( $r = 0.99$ ). La mortalidad natural  $M$  se estimó en  $1.09 \text{ año}^{-1}$ , en consecuencia se obtuvo la mortalidad por pesca  $F = 1.57 \text{ año}^{-1}$  y la tasa de explotación  $E = 0.59 \text{ año}^{-1}$ . Con respecto al valor de la mortalidad natural obtenida en el presente trabajo fue más alto que el estimado para Nueva Esparta ( $M = 1.0 \text{ año}^{-1}$ ) por González and Eslava (2000) y del Golfo de México ( $M = 1.0 \text{ año}^{-1}$ )

por Grall (1984) y se ubicó entre los valores de Senegal ( $M = 0.8$  y  $1.2 \text{ año}^{-1}$ ) obtenidos por Fréon (1988); sin embargo, estuvo por debajo del calculado por Mendoza (1996) para la región oriental de Venezuela ( $M = 1.4 \text{ año}^{-1}$ ). Esos resultados confirman que es una especie de ciclo de vida corta que justifica su ubicación en la cadena trófica, por estar sometida a fuerte presión depredadora por especies pelágicas mayores y batipelágicas, lo que ha permitido a la sardina desarrollar una estrategia vital de rápido crecimiento para llegar pronto a la madurez sexual y poder reproducirse (González and Eslava, 2000). Sánchez and Medina (2008) indican que la expresión  $M$  es alta cuando los peces tienen crecimiento rápido y habitan ambientes cálidos. La mortalidad natural es el parámetro de incertidumbre intrínseca en toda pesquería por los diferentes aspectos de la historia de vida del recurso. En tal sentido, se considera clave en la determinación de la dinámica poblacional por su influencia directa sobre los estimados de producción, ya sea en términos de crecimiento somático o entre la población desovante y la abundancia de los reclutas. El valor de la mortalidad por pesca determinada en esta investigación ( $F = 1.57 \text{ año}^{-1}$ ) fue inferior al obtenido por González *et al.* (2007b) para el sur este de la Isla de Margarita ( $F = 2.19 \text{ año}^{-1}$ ); sin embargo cuando asociamos la disminución de la abundancia (CPUE = 38.44 tonelada / lance) en el año 2019 respecto al año 2018 (CPUE = 101.46 tonelada / lance) por el incremento del esfuerzo de pesca debido a la instalación de pequeñas empresas enlatadoras, creando un conflicto de competencia de compra-venta con las grandes conserveras tradicionales y la demanda de sardina fresca-refrigerada para los programas sociales del gobierno. La mortalidad por pesca es un parámetro importante que puede ser controlado y regulado con medidas de manejo (Csirke, 1980). Admitiendo la premisa de que el máximo rendimiento sostenible de la pesquería se alcanza cuando  $F = M$ , es decir, la tasa instantánea de explotación o fracción de muerte por explotación es  $E = 0,5 \text{ año}^{-1}$  (Gulland, 1971); se deduce que la población de sardina del nororiente de Venezuela podría encontrarse sobreexplotada, debido a que la tasa de explotación actual fue alta ( $E = 0.59 \text{ año}^{-1}$ ). Patterson (1992) a partir de un análisis de varias poblaciones de pelágicos menores, encontró que sólo bajas tasas de explotación, correspondientes a valores no mayores de  $0,33 \text{ año}^{-1}$ , son sustentables. Los altos valores de mortalidad por pesca indican que la pesca estaba afectando el stock reproductor de la población (sobrepesca de reclutamiento)

#### 4. Conclusiones

La sardina (*Sardinella aurita*) en Nueva Esparta presentó alometría positiva con una proporción de sexos que difieren significativamente de la unidad, y actividad reproductiva de aguda estacionalidad que encubre la variabilidad mensual debido a las variaciones ambientales. El valor de la talla media de madurez sexual estuvo dentro del rango obtenido durante 63 años, pero en el 2020 disminuyó de manera drástica en más de 2 cm debido, posiblemente, a que la fracción de la biomasa pescable esté siendo sometida a una fuerte presión de pesca. De continuar disminuyendo la talla de captura y el incumplimiento de las normas que regulan la pesca, probablemente la longitud media de madurez sexual descienda y no asegure el éxito del reclutamiento de la población desovante de las futuras clases anuales. Los parámetros de crecimiento estimados alcanzaron los valores más bajos de los últimos 23 años y demostraron que es una especie de vida corta con un crecimiento moderadamente alto, y al igual que los parámetros de mortalidad, están influenciados por la variabilidad ambiental anual y el esfuerzo de pesca. La tasa de explotación indica que la fracción de la biomasa pescable está sobreexplotada y de proseguir aumentando el esfuerzo, podría llegar a niveles críticos que afecten el rendimiento. Por consiguiente, se sugiere regular la pesquería, disminuyendo la mortalidad por pesca aplicando dos vedas al año o cuotas de pesca, y mantener la talla media de captura en 19 cm como lo establece la Providencia Administrativa vigente, a fin de evitar consecuencias socio-económicas desfavorables a los subsectores de extracción y procesamiento.

## 5. Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a la empresa La Perla del Sur, C. A. por el apoyo logístico en los muestreos y a su personal de la Gerencia de Control de Calidad en particular al Lic. José Miguel Valerio. Así mismo, agradecemos a los árbitros anónimos por sus comentarios y sugerencias en el mejoramiento del artículo.

## Conflicto de interés

Los autores de este escrito no tienen conflicto de intereses en la publicación de estos resultados.

## 6. Referencias

- Cárdenas, J., & Achury, A. (2000). Acústica pesquera de los recursos marinos del nororiente de Venezuela: evaluación y seguimiento espacio-temporal del stock de sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847). Memoria de la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle, 154, 39–54. <https://bit.ly/3zkWDfg>
- Cervigón, F. (1991). Los peces marinos de Venezuela Vol. 1 (2nd ed.). Fundación Científica Los Roques. Caracas: Impresión Cromotip.
- Csirke, J. (1980). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces (Documento Técnico de Pesca No. 192). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 82 pp. <https://bit.ly/3GYjRK6>
- De Anda, M. J. A., Seijo J. C., & Martínez, S. (1994). Reclutamiento y variabilidad ambiental en la pesquería de sardina Monterrey (*Sardinops sagax*) del Golfo de California, México. Investigación Pesquera, 38, 23–36.
- Eslava, N. (2007). Alimentación y Reproducción de Peces (2nd ed.). Universidad de Oriente. Cumaná: Editorial Universitaria.
- Eslava, N., González, L. W., & Suarez-Villasmil, L. (2009). Análisis de ruta en la pesquería de sardina (*Sardinella aurita*) del oriente de Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas, 43, 3, 355-365. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/163>
- Etchevers, S. (1974). Variaciones morfométricas-merísticas, biología y tamaño del stock de sardina en el nororiente de Venezuela. Boletín Científico y Técnico, Serie de Recursos Marinos, 1, 3, 70-82.
- Figuera, F. (1967). Contribución a los conocimientos de la fecundidad en la *Sardinella* sp. del Golfo de Cariaco. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, Venezuela).
- Fréon, P., El Khattabi, M., Mendoza, J. & Guzmán, R. (1997). Unexpected reproductive strategy of *Sardinella aurita* of the coast of Venezuela. Marine Biology, 128, 363-372. <https://doi.org/10.1007/s002270050102>
- Fréon, P. (1988). Réponses et adaptations des stocks de clupéidés d'Afrique de l'ouest à la variabilité du milieu et de l'exploitation: Analyse et réflexion à partir de l'exemple du Sénégal. (Tesis Doctoral, Université d'Aix-Marseille II). <https://bit.ly/3toeGgT>
- Gaertner, D., & Laloé, F. (1986). Etude biométrique de la taille à première maturité sexuelle de *Geryon maritae* Manning et Holthuis, 1981 du Sénégal. Oceanologica Acta, 9, 479-487. <https://bit.ly/3PYNuyW>
- Gayanilo Jr., F. C., Sparre, P., & Pauly, D. (1996). FAOICLARM stock assessment tools (FiSAT). User's manual. FAO Computerized Information Series (Fisheries No. 8). Rome: United Nations Organization for Food and Agriculture. 126 pp. <https://bit.ly/3zoimTI>

- Gassman, J., Eslava, N., & González, L. W. (2008). Reproducción de la sardina, *Sardinella aurita* (Cupleiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 56, 4, 1813-1824. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.5761>
- Gassman, J., Eslava, N., González, L. W., & Aguado, N. (2012). Indicadores reproductivos de la sardina *Sardinella aurita* (Clupeiformes: Clupeidae) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 46, 2, 121-136. <https://bit.ly/3H5ILIT>
- González, L. W., & Eslava, N. (2000). Crecimiento y mortalidad natural de la sardina, *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) del Estado Nueva Esparta, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 35,1, 83-91. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8067559.pdf>
- González, L. W., Euán, J., Eslava, N., & Suniaga, J. (2007a). La pesca de sardina, *Sardinella aurita* (Teleostei: Clupeidae) asociada a la variabilidad ambiental del ecosistema de surgencia costera de Nueva Esparta, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 55, 1, 279-286. <https://doi.org/10.15517/rbt.v55i1.6080>
- González, L. W., Eslava, N., & Gómez, E. (2007b). Parámetros poblacionales de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 41, 4, 457-470. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/boletin/article/view/99>
- González, L. W., Eslava, N., Troccoli, L., & Guevara, F. (2016). Análisis de la pesquería artesanal de sardina (*Sardinella aurita*) en Venezuela. *Tecnociencia Chihuahua*, 10, 2, 81-89. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/575/548>
- González, L. W., Núñez, E., Eslava, N., & Guevara, F. (2020). Estimación del índice de abundancia relativa de la sardina (*Sardinella aurita*) del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 35, 1, 127-133. <https://revistas.imarpe.gob.pe/index.php/boletin/article/view/296>
- Gulland, J. (1971). *The fish resources of the oceans*. Surrey, England: Fishing News Books Ltd.
- Guzmán, R., Gómez, G., & Penott M. (1998). Aspectos biológicos y pesquería de la sardina (*Sardinella aurita*) en Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 16, 149-162. <https://biblat.unam.mx/es/revista/zootecnia-tropical/13>
- Guzmán, R., & Gómez, G. (2000). Crecimiento, mortalidad y patrón de reclutamiento de *Sardinella aurita* en el nororiente de Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 18, 2,129-144. <https://biblat.unam.mx/es/revista/zootecnia-tropical/11>
- Guzmán, R., Arocha, F., & Gómez, G. (2001). Tipo de desove de la sardina (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) en el nororiente de Venezuela: Resultados preliminares. *Zootecnia Tropical*, 19, 173-183. <https://bit.ly/3mjYB8a>
- Grall, C. (1984). A study of the biology of the Spanish sardine *Sardinella aurita*, in Florida waters. (Master`s Thesis, University of Miami). <https://bit.ly/3GV7Wg9>
- Holden, M., & Raitt, D. (1975). *Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación* (Documento Técnico de Pesca No.115. Rev. 1). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 211 pp. <https://www.fao.org/3/F0752S/F0752S00.htm>
- Hoydal, K., Rorvik, C., & Sparre, P. (1982). Estimation of effective mesh sizes and their utilization in assessment. *Dana*, 2, 69-95. <https://bit.ly/3GZnNKL>
- Mendialdúa, J. C. (2004). Aspectos reproductivos de la sardina (*Sardinella aurita*) del sureste de la Isla de Margarita, Estado Nueva Esparta, Venezuela. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente Núcleo de Nueva Esparta, Venezuela).
- Mendoza, J. (1990). La pesquería de sardina en el nororiente venezolano: evaluación y perspectiva de desarrollo (pp 99 – 126) In *Resultados de Talleres sobre la pesca en Venezuela*. MAC, Dirección General Sectorial de Pesca y Acuicultura. Caracas.



- Mendoza, J. (1996). Interacciones tróficas, dinámica poblacional y socio economía de la explotación de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente de Venezuela. (Trabajo de Ascenso, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, Venezuela).
- Mendoza, J., Fréon, P., & Guzmán, R. (1994). VPA estimates of fishing mortality and exploited biomass from *Sardinella aurita* catch at length data in eastern Venezuela. *Naga*, 17, 4, 32-36. <https://hdl.handle.net/20.500.12348/2854>
- Mendoza, J., Fréon, P., & Guzmán, R. (2003). Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa explotada de la sardina (*Sardinella aurita*) en el oriente venezolano por medio de frecuencias de longitudes (pp 473-492) In P. Fréon, & J. Mendoza (Eds.), *La sardina (Sardinella aurita), su medio ambiente y explotación en el oriente de Venezuela*. Institut de Recherche pour le Développement. París: Collection Colloques et séminaires. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010031246>
- Munro, J., & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte*, 1, 1, 5-6. <https://ideas.repec.org/a/wfi/wfbyte/38125.html>
- Pauly, D. (1979). Theory and Management of tropical multispecies stocks: a review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. *International Center for Living Aquatic Resources Management Studies and Review*, 1, 1-35. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnaan987.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaan987.pdf)
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *International Council for the Exploration of the Sea*, 39, 2, 175-192. <https://doi.org/10.1093/icesjms/39.2.175>
- Pauly D. (1983). Length-converted catch-curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). *Fishbyte*, 1, 2, 9-13. <https://ideas.repec.org/a/wfi/wfbyte/38112.html>
- Pauly, D., & David, N. (1981). ELEFAN I, a BASIC program for the objective extraction of growth parameters from length-frequency data. *Meeresforschung*, 28, 4, 205-211. <https://bit.ly/3xd16ht>
- Pauly, D. & Munro, L. (1984). Once more on growth comparison in fish and vertebrates. *Fishbyte*, 2, 1-21. <https://ideas.repec.org/a/wfi/wfbyte/38103.html>
- Powell, D. (1979). Estimation of mortality and growth parameters for the length frequency of a catch. *Rapport procès-V Réunion Réunion Conseil International pour L'Exploitation de la Mer*, 175, 167-169. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XE8021572>
- Patterson, K. (1992). Fisheries for small pelagic species: an empirical approach to management targets. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2, 321-338. <https://doi.org/10.1007/BF00043521>
- Ramírez de O., T. (2002). Edad y crecimiento de larvas silvestres de *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 del nororiente de Venezuela, mediante el análisis de sus otolitos. (Trabajo de Ascenso, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, Venezuela). <https://doi.org/10.7773/cm.v32i3.1123>
- Ramírez, I., & Huq, M. (1986). Aspectos reproductivos de la sardina, *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pisces: Clupeidae) del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 25, 3-20.
- Reyes, D. (1981). Aspectos reproductivos de *Sardinella aurita* (Pisces: Clupeidae). (Tesis de Licenciatura, Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, Venezuela).
- Ricker, W. (1975). Computation and interpretation of biological statistic of fish population. (Department of Environmental Fisheries and Marine Service.) *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/1485.pdf>
- Sánchez, O., & Medina, A. (2008). Análisis de la pesquería de boquinete, *Lachnolaimus maximus*, en la Isla de Holbox, Quintana Roo, México. *Proceedings Gulf and Caribbean Fisheries Institute*, 60, 287-296. <http://hdl.handle.net/1834/31270>

- Sparre, P., & Venema, S. (1997). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales (Documento Técnico de Pesca No. 306, Parte 1 Rev. 2). Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 420 pp. <https://www.fao.org/3/w5449s/W5449S.pdf>
- Steel, R., & Torrie, J. (1985). Bioestadística: Principios y procedimientos. 2da Edición. Mc. Graw-Hill, Latinoamericana S.A. Bogotá, Colombia. <https://bit.ly/3NW97OC>
- Tagliafico, A., González, L. W., & Eslava, N. (2008). Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*), del sureste de la isla de Margarita, Venezuela. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37, 2, 45-54. <http://hdl.handle.net/1834/3483>
- Taylor, C. (1958). Cod growth and temperature. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 23, 366-370. <https://doi.org/10.1093/icesjms/23.3.366>
- Taylor G, Muller-Karger, F., Thunell, R., Scranton, M., Astor, Y., Varela, R., Troccoli-Ghinaglia, L., Lorenzoni, L., Fanning, K., Hameed, S., & Doherty, O. (2012). Ecosystem responses in the southern Caribbean Sea to global climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109, 19315–19320. <https://doi.org/10.1073/pnas.1207514109>
- Ursin, E. (1984). The tropical, temperate and the Arctic Seas as media for fish production. Dana, 3, 43-60. <https://bit.ly/3tfKLYj>
- Walpole, R. E., Myers, R. H. Myers, S. L., & Ye, K. (2012). Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. (9th ed.). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V. <https://bit.ly/3xr8bMT>
- Wetherall, J. (1986). A new method for estimating growth and mortality parameters from length-frequency data. Fishbyte, 4, 12-14. [http://pubs.iclarm.net/Naga/na\\_2924.pdf](http://pubs.iclarm.net/Naga/na_2924.pdf)
- von Bertalanffy, L. (1938). A quantitative theory of organic growth. Human Biology, 10, 2, 181-213. <https://bit.ly/3PZiXkJ>
- Zar, J. H. (2010). Biostatistical analysis (5th ed.). New Jersey, United States of America: Prentice Hall.

2020 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



**UACH**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

Dirección de  
Investigación y Posgrado



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES,  
UACH**



**TECNOCIENCIA CHIHUAHUA**  
Revista de ciencia y tecnología





**UACH**  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
CHIHUAHUA

Dirección de  
Investigación y Posgrado



**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES,  
UACH  
VISTA AÉREA**



**TECNOCENCIA CHIHUAHUA**  
Revista de ciencia y tecnología