



Ingeniantes®

Año 10, No.2, Vol. 3 Revista de Investigación . Instituto Tecnológico Superior de Misantla



CONGRESO INTERNACIONAL DE
**TRANSVERSALIDAD
AMBIENTAL**
EN LA FORMACIÓN DEL INGENIERO

AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

latindex

ISSN 2395-9452



Edición Especial

Ingeniantes

Año 10 / No. 2 / Vol. 3

Información Legal

Ingeniantes, Año 10, No. 2, Vol 3. Diciembre 2023 - mayo 2024, es una publicación semestral editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, teléfono 01 (235) 323 60 18, página web citt.itsm.edu.mx. Editor responsable: Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2015-062512501200-203, ISSN 2395-9452, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología del ITSM, Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas, Km. 1.8 carretera a Loma del Cojolite, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93850, fecha de última modificación, 22 de diciembre de 2023.

Actualmente indexada en la base de datos del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal LATINDEX, con número de registro 22843.

Se autoriza cualquier reproducción parcial de los contenidos o imágenes de la publicación siempre y cuando sea sin fines de lucro y para usos estrictamente académicos, citando invariablemente la fuente dando los créditos a los autores del artículo.

El contenido de los artículos publicados es responsabilidad de los autores y no representa el punto de vista del editor de la Revista Ingeniantes.

Cuerpo Editorial

Editor General
Instituto Tecnológico Superior de Misantla
Editor
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas
Coeditor
Lic. Erik Balderas González

Administración

Ing. Mayra Lizeth Méndez Oloarte

Propiedad Intelectual

Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología
Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas

Sistemas

Administrador de Sistemas
M.S.C. Fernando Alberto Hernández Guevara
Webmaster
L.I. Ana Marcela Gutiérrez Romero

Distribución

Publicación electrónica disponible en
citt.itsm.edu.mx/ingeniantes
Correo electrónico:
revista.ingeniantes@itsm.edu.mx
<https://www.latindex.org/latindex/ficha/22843>

Directorio

M.G.E. Jorge Alberto Lara Gómez

Director General, ITSM, Veracruz, México

Mtro. Arturo Olguin Hernández

Director Académico, ITSM, Veracruz, México

M.B.A. Maribel García Alvarado

Subdirectora Académica, ITSM, Veracruz, México

Dra. María Cristina López Méndez

Subdirectora de Posgrado e Investigación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Adriana López Trujillo

Subdirectora Administrativa, ITSM, Veracruz, México

Lic. Julio Cesar Rosas Cruz

Director de Planeación y Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Lic. Laura Eugenia Hernández Pérez

Subdirectora de Planeación, ITSM, Veracruz, México

M.C.E. Lidia Herrera Domínguez

Subdirectora de Vinculación, ITSM, Veracruz, México

Comité de Revisión

Dr. Luis Eduardo Velázquez Contreras, US	SNI	Dr. Cuauhtémoc Guerrero Dávalos, UMSNH
Dr. Luis Alberto Morales Rosales, UMSNH	SNI	Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT
Dr. Jesús P. Xamán Villaseñor, CENIDET	SNI	Dra. María Victoria Carreras Cruz, UP
Dr. Abel García Barrientos, UASLP	SNI	Dr. Alfredo Alberto Morales Tapia, UV
Dr. David Lara Alabazares, ITSM	SNI	Dr. Ramón Álvarez López, UDG
Dr. Gregorio Fernández Lambert, ITSM	SNI	Dr. Gustavo Martínez Castellanos, ITSM
Dra. Susana López Cuenca, ITSDZ	SNI	Dr. Arturo Cabrera Hernández, ITSM
Dr. Javier Esquer Peralta, UNISON	SNI	Dr. Saúl Santiago Cruz, ITSM
Dr. Francisco Reyes Zepeda, IEA-UAT	SNI	Dr. Joel Pozos Osorio, HUB2i
Dr. Eduardo Mael Sánchez Coronado, ITCV	SNI	Dra. Ana Lilia Sosa y Durán, ITSM
Dr. Jesús Antonio Álvarez Cedillo, IPN	SNI	Dr. José Pastor Rodríguez Jarquín, ITO
Dr. Roberto Ángel Meléndez Armenta, ITSM	SNI	Dr. Guillermo Alfredo Arrijoja Carrera, UX
Dr. Noé Alejandro Castro Sánchez, CENIDET	SNI	Dr. Modesto Raygosa Bello, ITO
Dr. José Jasson Flores Prieto, CENIDET	SNI	Dr. Luis Alberto Nava Ordoñez, UPAEP
Dr. Adolfo Preciado Quiroz, ITSDZ	SNI	Dr. Luis Enrique García Santamaría, ITSM
Dr. José Luis Marín Muñoz, CV	SNI	Dr. Irahan Otoniel José Guzmán, ITSM
Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA	SNI	Dra. Alicia Martínez Rebollar, CENIDET
Dr. Julio César Chacón Hernández, UAT	SNI	Dr. Humberto Raymundo González Moreno, ITSM
Dr. Eddy Sánchez de la Cruz, ITSM	SNI	Dr. Alan Rico Barragán, ITSM
Dra. María Cristina López Méndez, ITSM	SNI	M.C. Clovis Nchikou, ITNL
Dr. Luis Carlos Sandoval Herazo, ITSM	SNI	M.I. Fernando Jurado Pérez, ITESI
Dr. José de Jesús Ibarra Montalvo, ITSDZ	SNI	M.I.I. Aarón Montiel Rosales, ITSPR
Dr. Andrés Blanco Ortega, CENIDET	SNI	M.I.I. Nayeli Montalvo Romero, ITSPR
Dr. Juan Carlos González Hernández, ITM	SNI	M.I.I. Gema del Carmen Jiménez Gómez, ITSAV
Dr. Heriberto Esteban Benito, ITSNA	SNI	M.I.I. Mario Pérez Acosta, ITSM
Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña, UTCV	SNI	M.I.I. Leonardo Martínez Lara, ITSAV
Dr. Sergio Aurelio Zamora Castro, UV	SNI	M.S.C. Arnulfo Gamaliel Hernández González, ITSM
Dra. Blanca Dina Valenzuela Robles, CENIDET	SNI	M.I.M. Jorge Roa Díaz, ITSM
Dr. Daniel Martínez Navarrete, ITSAV	SNI	M.C. Vladimir Zagoya Juárez, ITSM
Dra. Laura Celina Ruelas Monjardín, UV	SNI	M.G.C. Eduardo Gutierrez Almaraz, ITSM
Dr. Luis Mejía Macario, ITSM	C. SNI	M.I.I. Giovanni Luna Chontal, ITSM
Dra. Paula Rosalinda Antonio Vidaña, UTCV	C. SNI	M.A. Luz del Carmen Muñoz Palacios, UTCV
Dr. Sergio Fabian Ruiz Paz, UNPA		M.C. Joel Maurilio Morales García, ITSM
Dr. Arturo Pacheco Espejel, IPN		

Ingeniantes



03



11



24



31



37



45

Contenido

Proceso de fresado CNC empleando herramientas CAD-CAM en sistemas de manufactura flexible _____ 03

Abelino Reyes Pablo; Grysel Pimentel Nogales; Eli Ruiz Calvo; Oscar Yael Guzmán Márquez; Raúl Fidel Ibáñez Hernández, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Oaxaca

Aplicación de la metodología DMAIC en un proceso de producción de cajas plegadizas de cartón _____ 11

Manuel Mata Hernández; Karen Elena Blanco Alejandro, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Naranjos

El emprendimiento social en la literatura científica: Un análisis bibliométrico _____ 24

María Ximena Vázquez Lara; María Guadalupe López Monterrubio; Francisca Hernández Ángel, Universidad Politécnica de Altamira

Emprendimiento en egresados de una Universidad del sur de Tamaulipas _____ 31

Diana Lizeth Carlin Calles; Francisco Heriberto Ramos Cervantes; Juana Elizabeth Medina Alvarez, Universidad Politécnica de Altamira

Factores que influyen en el marketing con influencers en redes sociales: Percepciones de estudiantes universitarios en el sur de Tamaulipas _____ 37

Francisco Javier Méndez Pedraza; Grecia Darenly García López; Francisca Hernández Ángel, Universidad Politécnica de Altamira

Estudio teórico sobre las características, los impactos negativos y los usos alternativos del Lirio Acuático (*Eichhornia Crassipes*) _____ 45

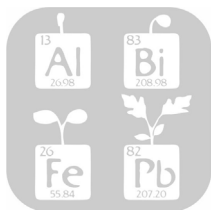
Martha Paulina Sosa Reyes; Leslie Valeria García Arteaga; Francisca Hernández Ángel, Universidad Politécnica de Altamira



53



62



71



78



85

Un análisis teórico de la Agricultura Regenerativa en contraste con la Agricultura Convencional _____ 53
 José Luis Hernández Hernández, Universidad Politécnica de Altamira

El valor de los proveedores en la cadena de suministro sostenible en los Ingenios Azucareros _____ 62
 Ernesto Cavazos Reyes; Violeta Jiménez Zárate, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco; Rodolfo Garza Flores; Saúl Santiago Cruz; Jarivanny Arlen Domínguez Montoya, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Efecto de compuestos de Aluminio, Bismuto, Hierro y Plomo sobre la germinación y crecimiento de plántula de sandía de ratón (*Melothria scabra*) _____ 71
 Rubén Enrique Cuevas Alarcón; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Vazquez; Escuela de Bachilleres Artículo Tercero Constitucional, Jose Guillermo Franzua Perdomo; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Análisis biométrico del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis*). _____ 78
 Irma Castillo Carmona; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Hernández; Luz Alejandra Serena González; Saúl Cruz Santiago, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Exploración bibliométrica de la Bioeconomía a partir de la Web of Science _____ 85
 Perla Karina Martínez Santiago; William Alejandro Rubio Molina; Francisca Hernández Angel, Universidad Politécnica de Altamira



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Proceso de fresado CNC empleando herramientas CAD-CAM en sistemas de manufactura flexible



Colaboración

Abelino Reyes Pablo; Grysel Pimentel Nogales; Eli Ruiz Calvo; Oscar Yael Guzmán Márquez; Raúl Fidel Ibáñez Hernández, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Oaxaca

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2023

RESUMEN: Se diseñó y fabricó exitosamente una pieza experimental compleja, compuesta por superficies curvas. Se planificó y se ejecutó el proceso de fabricación mediante maquinado. Se fresó con herramientas de corte plano en un centro de maquinado vertical. Equipado con control FANUC serie OI-F. Para la planificación, simulación y verificación del proceso, se desarrolló un modelo virtual de la máquina herramienta, disponible en un sistema comercial de maquinado asistido por computadora. Se implementó un montaje virtual del sistema de manufactura, permitiendo la verificación y ajuste del proceso hasta lograr un rendimiento óptimo. Se comprobaron las ventajas de utilizar los recientes métodos virtuales ofrecidos por varios sistemas de maquinado asistido por computadora para la simulación del proceso, especialmente cuando se trata de componentes complejos procesados en máquinas herramienta de más de tres ejes.

PALABRAS CLAVE: CAD, CAM, máquinas herramienta virtuales, planificación de procesos, maquinado de piezas complejas, simulación y verificación de procesos, maquinado multiejes, manufactura flexible.

ABSTRACT: A complex experimental part composed of curved surfaces was successfully designed and manufactured. The manufacturing process was planned and executed through machining. It was milled with flat cutting tools in a vertical machining center equipped with FANUC OI-F series control. For the planning, simulation and verification of the process, a virtual model of the machine tool was developed, available in a commercial computer aided machining system. A virtual assembly of the manufacturing system was implemented, which allowed for the verification and adjustment of the process until optimal performance was achieved. The advantages of using recent virtual methods offered by various computer-aided machining systems for process simulation were tested, especially when dealing with complex components processed on machine tools with more than three axes.

KEYWORDS: CAD, CAM, virtual machine tools, process planning, machining of complex parts, process simulation and verification, multi-axis machining, flexible manufacturing.

INTRODUCCIÓN

El proceso de fresado con herramienta de corte plano es utilizado en la manufactura de gran variedad de componentes, como partes de moldes, prótesis, implantes y álabes, entre otros. Estos componentes se caracterizan por su morfología compleja y por sus exigentes requerimientos de calidad geométrica e integridad superficial [6].

En virtud de las nuevas capacidades computacionales, los sistemas actuales de maquinado asistido por computadora CAM (Compu-

ter Aided Manufacturing) ofrecen potencialidades para el modelado, simulación y verificación tanto del proceso como del sistema completo, que comprende la máquina, herramientas, dispositivos de sujeción y materia prima [12-14]. Estas herramientas son de gran utilidad para complementar la metodología propuesta por Singh. Proporcionan un escenario digital de simulación y verificación integrada, especialmente cuando se maquinan componentes complejos en máquinas CNC.

En las máquinas virtuales, es posible realizar una simulación del proceso de maquinado más precisa. Además de la tradicional simulación de las trayectorias de la herramienta de corte. Es posible detectar la interacción, especialmente las colisiones, con otros componentes del sistema, como los dispositivos de sujeción y medición, material de trabajo, cuerpo de la herramienta, porta herramienta y husillo [15].

En este trabajo se diseñó una pieza experimental compleja, compuesta de superficies con curvatura. La pieza se fabricó con éxito, en un centro de maquinado de tres ejes con control FANUC. Para planear y verificar el proceso, se desarrolló un modelo virtual de la máquina herramienta disponible. Comprobando así, mediante un caso real, las ventajas de utilizar los recientes métodos virtuales. Ofrecidos por varios sistemas de maquinado asistido por computador, para la simulación y verificación del proceso de manufactura. Especialmente cuando se trata de componentes complejos procesados en máquinas de más de tres ejes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Efecto de la curvatura de una superficie sobre las condiciones de corte en el fresado con herramienta de corte plano:

1. Creación del espacio de trabajo en CAD: Para iniciar, es necesario crear un espacio de trabajo en el CAD, utilizando el módulo de Modelado en el software NX. Una vez ahí, se selecciona el plano Top, ya que esto facilitará algunas opciones de mecanizado posteriores.

2. Definición y extrusión del modelo: Con ayuda de los planos del modelo a elaborar, se define completamente el perfil. Una vez definido, se extruye según indican los planos para obtener así el modelo final.

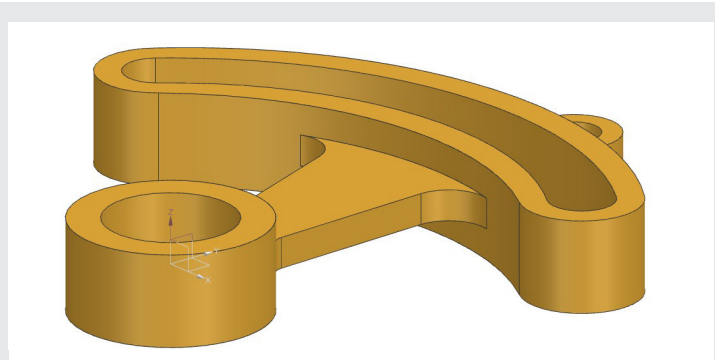


Figura 1. Modelo extruido.
Fuente: Elaboración propia.

Fue utilizado un centro de mecanizado vertical de tres ejes. El husillo de la máquina alcanza una velocidad de giro máxima de 8000 r.p.m. con 5.5 kW de potencia. El controlador de la máquina es un Fanuc Oi-F con capacidad de controlar un cuarto eje adicional.

3. Planificación del proceso: Es importante observar que el proceso de fabricación de este modelo consta de varios pasos. Se detalla el procedimiento de fabricación en una hoja de procesos.

a) Representación de operaciones de barrenado: Se elabora un modelo que representa las operaciones de barrenado, utilizando el modelo final para extraer los sketches.

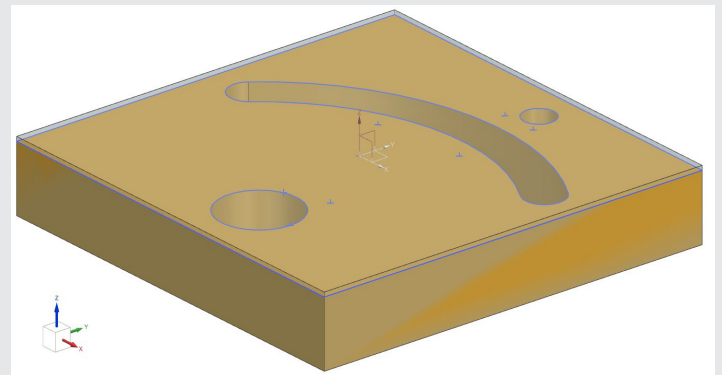


Figura 2. Representación de barrenados.
Fuente: Elaboración propia.

b) Definición del perfil del stock o blank: Se realiza el perfil que conformará la parte a maquinar y la parte final no maquinada.

c) Extrusión del perfil: Se procede a extruir el perfil en dirección Z para obtener el blank.

d) Visualización del modelo final: Para visualizar de mejor manera el modelo final, se modifica la transparencia de la última operación de extrusión, quedando de la siguiente forma.

e) Creación del espacio de trabajo en el módulo de manufactura: Se selecciona la opción de mecanizado de fresado y suboperación Mill_planar en NX.

f) Configuración de la operación de mecanizado: Se identifica la pieza de trabajo y se especifica la pieza a maquinar (Specify Part) y la pieza en bruto (Specify Blank).

g) Creación de la operación: Se configuran todos los parámetros necesarios para la operación de maquinado.

h) Selección del tipo de suboperación: Se elige Cavity Mill como suboperación y se definen las opciones de tipo de programa, herramienta, geometría y método.

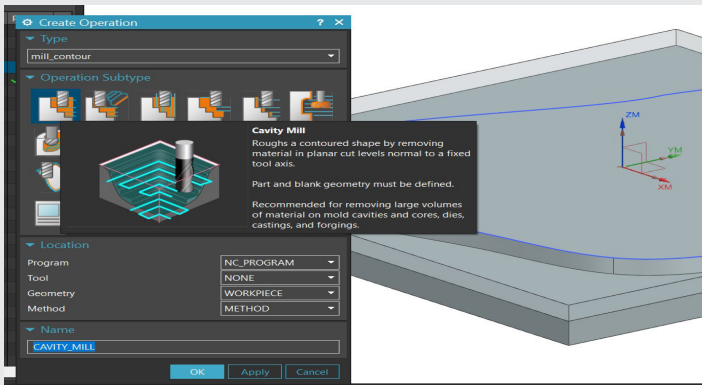


Figura 3. Elección de suboperación.
Fuente: Elaboración propia.

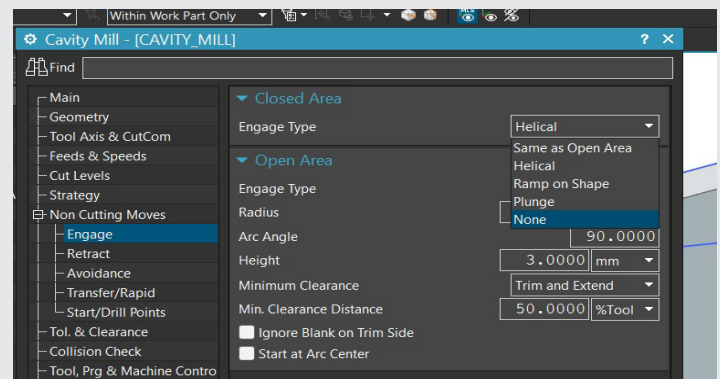


Figura 5. Configuración Movimientos no cortantes.
Fuente: Elaboración propia.

Así mismo, en este mismo apartado se seleccionan las siguientes opciones:

- Tipo de programa: Program.
- Herramienta: None.
- Geometría: Workpiece.
- Método: Method.

i) Configuración de la herramienta y patrones de corte: Se opta por una herramienta plana de 3 mm con 4 flancos y se configuran los parámetros de corte.

A. Herramienta: En este caso se opta por una herramienta plana de 3 mm con 4 flancos, tal como se muestra a continuación.

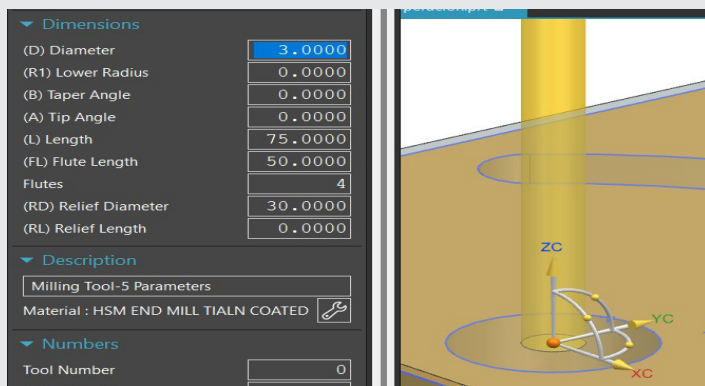


Figura 4. Selección de herramienta.
Fuente: Elaboración propia.

- B. Patrón de corte: Follow part.
- C. Percent of float diameter: 70%.
- D. Distancia máxima: 2 mm (profundidad que va desbastando por pasada).
- E. Dirección de corte: Climb cut (En la misma dirección que la mesa de trabajo).
- F. Orden de corte: Depth First (primero la profundidad).
- j) Configuración de velocidades y avances: Se asigna una velocidad de corte y se calculan automáticamente las demás velocidades con la ayuda del software.
- k) Configuración de movimientos no cortantes: Se definen los tipos de acercamiento y puntos de inicio y transferencia.

l) Ajustes adicionales de movimientos no cortantes: Se configuran los puntos From Point, Start Point y se selecciona la opción Transfer / Rapid.

m) Ajustes para la última extrusión: Se configura la opción Transfer/Rapid, se selecciona Clearance Option como plane sobre la cara de la última extrusión a 3 mm.

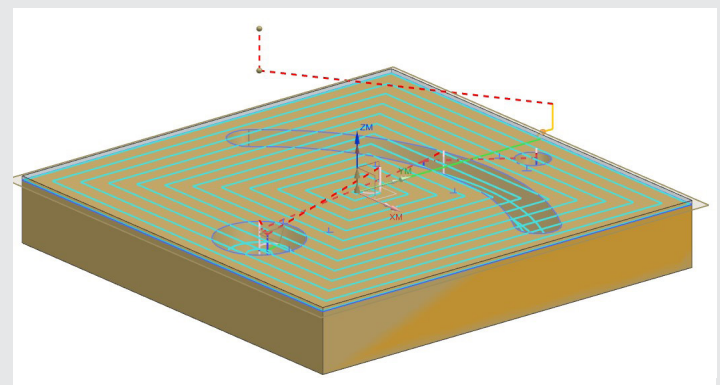


Figura 6. Patrón de corte de bajo relieve.
Fuente: Elaboración propia.

n) Generación de la operación: Se selecciona Generar para desarrollar el mecanizado de bajo relieve.

o) Validación de la operación: Se verifica la operación generada utilizando la opción Verify y la simulación 3D Dynamic.

p) Post procesamiento: Se genera el código de operación y se copia en un archivo .txt para su edición posterior.

4. Trabajo con el Útil-Sujeción: Se trabaja con el modelo útil_sujeción siguiendo los pasos anteriores.

a) Elaboración de un ensamble: Se ensamblan los modelos model_1 y útil_sujeción, incluyendo componentes adicionales como tornillos y arandelas.

b) Ensamble final: Se realiza el ensamble final.

Nota: En este paso fue necesario hacer una modificación en el model_1 ya que se sustrajo el blank que se desbasta en la operación de barrenado. Además, se realizaron barrenados y roscados en el elemento de sujeción.

g) Generación y validación de la segunda operación: Se generan y validan las operaciones de maquinado

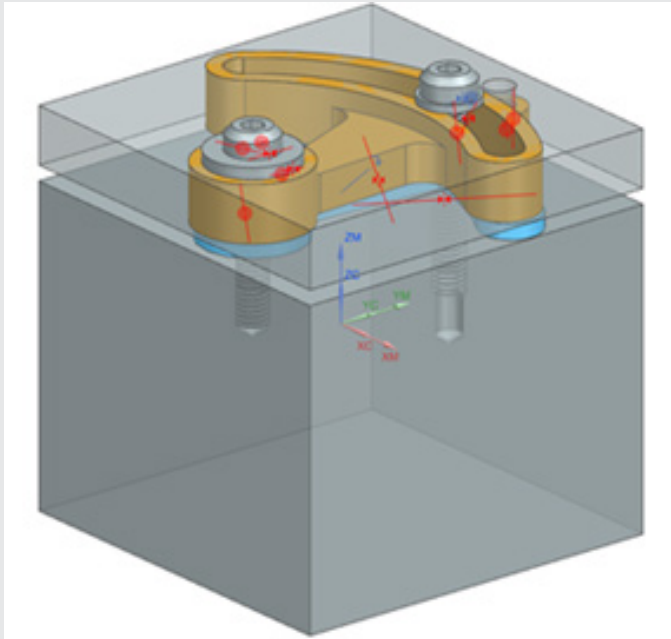


Figura 7. Ensamble Final.
Fuente: Elaboración propia.

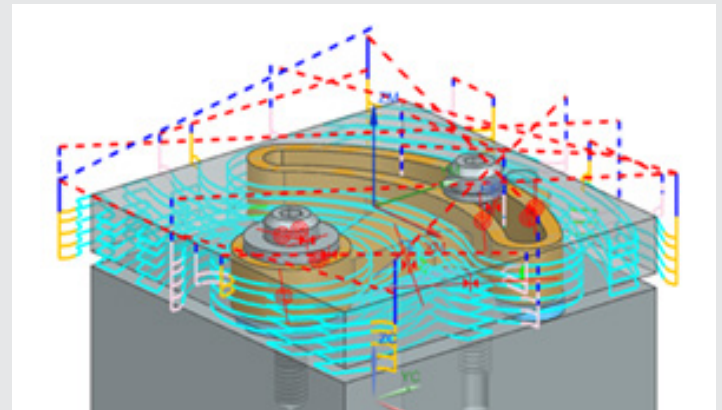


Figura 9. Ensamble Final.
Fuente: Elaboración propia.

h) Post procesamiento de la segunda operación: Se obtiene un código de operación para la segunda operación.

c) Asignación de Elementos de Sujeción como Checks: Se seleccionan los elementos de sujeción para evitar operaciones en ellos.

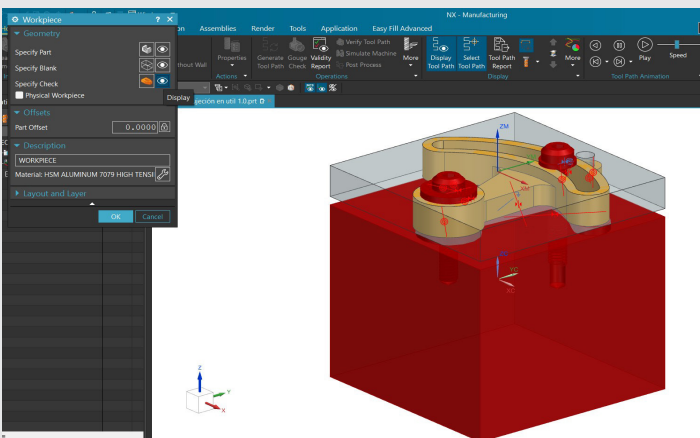


Figura 8. Elementos de Sujeción.
Fuente: Elaboración propia.

d) Repetición para la segunda operación de mecanizado: Se repiten los pasos para configurar la segunda operación de maquinado.

e) Configuración del menú Main para la segunda operación: Se elige una herramienta plana de 5 mm con 4 flancos y se configuran los parámetros de corte.

f) Configuración de Velocidades, Avances y Movimientos No Cortantes: Se repiten los pasos anteriores para configurar estos parámetros en la segunda operación.

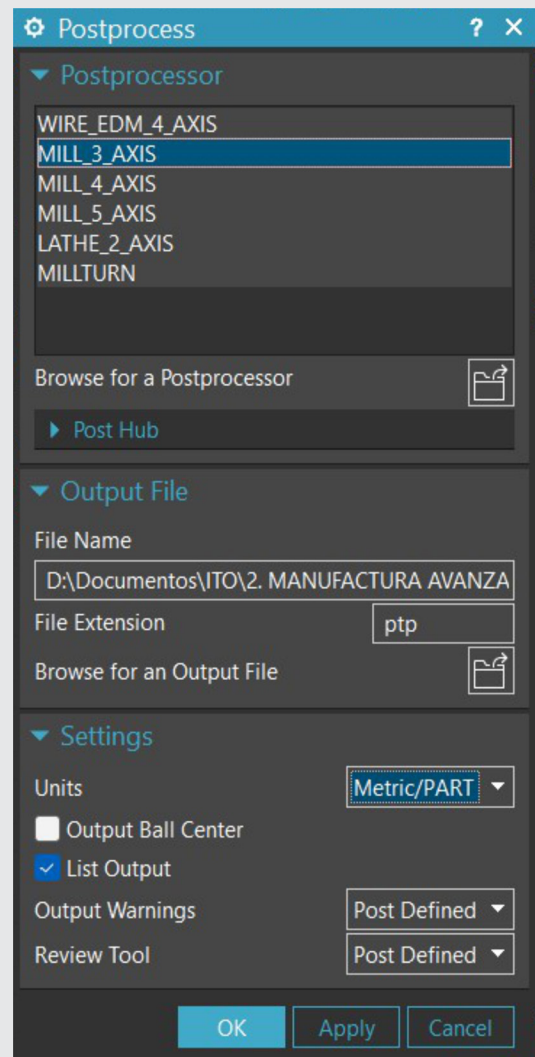


Figura 10. Parámetros de post procesamiento.
Fuente: Elaboración propia.

i) **Preparación para el movimiento manual:** Se elabora un modelo para el movimiento manual del material faltante.

Se eliminan bloques repetitivos como: T00, M6, G17, H0, G94, G43.

j) **Ensamble y configuración para la última operación de desbaste:** Se ensambla y configura la última operación de desbaste.

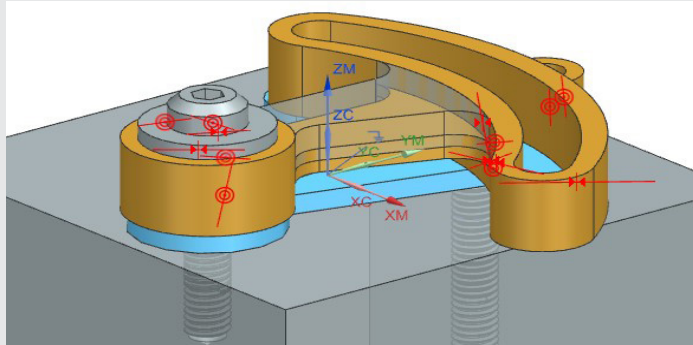


Figura 11. Ensamble de última operación de desbaste. Fuente: Elaboración propia.

k) **Configuración final y generación de la última operación:** Se configuran los parámetros finales y se genera la operación.

A. Configuración sobre el eje Z: Configurar el From Point y el Start Point, sobre el eje Z a una distancia de 20 mm.

B. Configuración de la última extrusión: Configurar la opción Transfer/Rapid en donde se selecciona Clearance Option a 3 mm plano seleccionado.

C. Nivel máximo de maquinado: Configurar Cut Levels, se contempla el nivel de 2.5 mm.

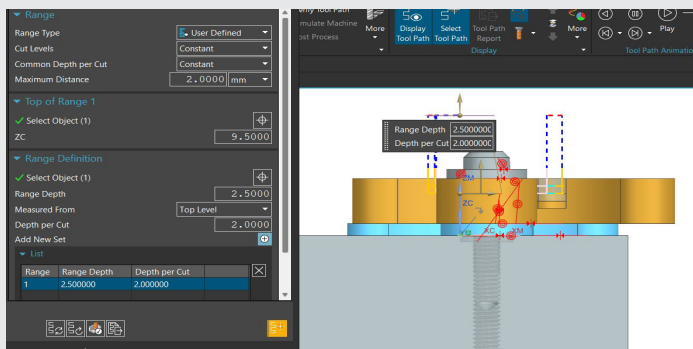


Figura 12. Niveles de maquinado. Fuente: Elaboración propia.

D. Generación de la última operación: Seleccionar la opción Generate seguido de Verify y 3D Dynamic.

i) **Postprocesamiento de la última operación:** Se obtiene el código final de operación.

A. Edición del encabezado del programa: Asignar nombre y establecer una estructura como se muestra a continuación:

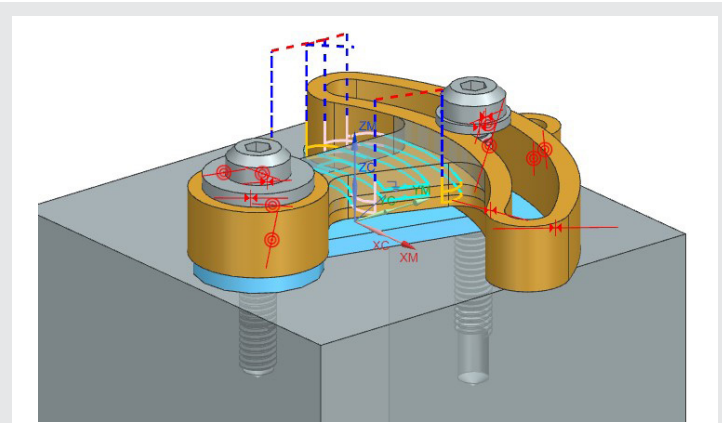


Figura 13. Patrones de corte de última operación. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Códigos de encabezado de programa

Código	Descripción
O0001	Nombre del código
N10 G21 G54 G90	Selección de unidades métricas, Sistema de coordenadas de trabajo 1, Programación en costas absolutas
N12 M03 S2500 F150	Encender el husillo en sentido horario, Velocidad del husillo y Velocidad de avance
N13 G28 Z0 N14 G28 X0 N15 G28 Y0	Retorno en posición Z0 Retorno en posición X0 Retorno en posición Y0

Fuente: Elaboración propia.

B. Edición del pie de página: Después del último bloque de operación de desbaste, se sigue la siguiente estructura.

5. Modelado y simulación virtual de la máquina y del montaje tecnológico: Se validan el código .txt usando un simulador comercial; con el módulo FANUC OiM.

Tabla 2. Códigos de pie de página del programa

Código.	Descripción.
N10764 G28 Z0	Retono en posición Z0
N10765 G28 Y0	Retono en posición X0
N10766 G28 X0	Retono en posición Y0
N1076 M5	Apagar el husillo.
N10768 M30	Fin del programa con reset

Fuente: Elaboración propia.

a) Ambiente del simulador: se cierra la puerta virtual y se quita el paro de emergencia.

b) Colocación de la materia prima: Seleccionar menú Workpiece >> Stock Size y las dimensiones de la placa 50 mm de largo, 50 mm de ancho y 50 mm de espesor

c) **Selección de la herramienta:** se selecciona el menú Machine operation >>Tool Management, herramienta plana de 4 mm de diámetro con 4 flancos.

d) **Definición de cero piezas:** Seleccionar posicionamiento rápido, después la opción Off setting >> Work, asignando: X0 >> measure, Y0 >> measure y Z0 >> measure.

e) **Inserción del código en el simulador:** Seleccionar el modo Edit >>Select file y se inserta el código denominado como O3001.

f) **Verificación de cero piezas:** Verificar el cero pieza con el modo Program, seguido de MDI y se escriben los códigos: G54 X0 Y0; G54 Z0.

g) **Ejecución del programa:** el programa y se observan los resultados.

RESULTADOS

Se diseñó y fabricó una pieza experimental con superficies curvas, demostrando la efectividad del fresado CNC con herramientas CAD-CAM, en un sistema de manufactura flexible. Se diseñó un dispositivo de sujeción específico y se implementó una máquina virtual que simuló con precisión el proceso de manufactura. La pieza final se maquinó en material polimérico. Se cumplieron las especificaciones establecidas.

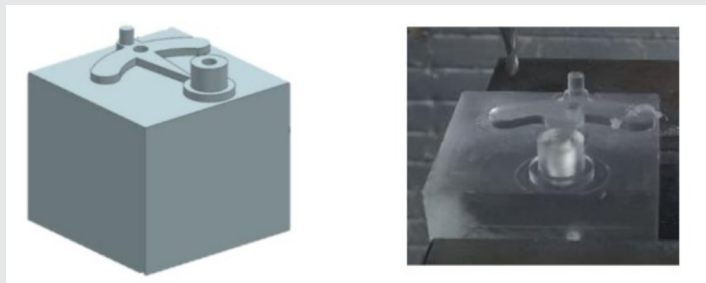


Figura 14. Fixture-Placa de ranura curva.
Fuente: Elaboración propia.

Se implementó una máquina virtual, homóloga en características geométricas, cinemáticas y de controlador de trayectorias. Dicho centro de mecanizado vertical, permitió simular el proceso de manufactura. Se verificó su correcto desempeño, antes de realizar el montaje en el laboratorio. Se ejecutó el proceso de maquinado en el centro de maquinado vertical, obteniendo una pieza con las especificaciones establecidas. Las imágenes muestran la parte maquinada en material polimérico.

Se diseñó un dispositivo específico, para la sujeción de la materia prima al centro de mecanizado. Se cumplió con características funcionales de rigidez, precisión y rapidez de montaje. Se evitaron los elementos o componentes que causaran interferencias, con las herramientas durante el proceso de fresado.

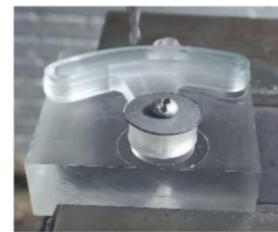


Figura 15. Pieza de ranura curva.
Fuente: Elaboración propia.

Se estableció el diseño de una pieza experimental, que contiene superficies con curvaturas. Se manufacturó en un centro de mecanizado vertical de tres ejes. La información generada, sirve como referente para estudios de fresado, con herramientas de corte plano en máquinas de control numérico.

CONCLUSIONES

Este estudio confirmó las ventajas de utilizar métodos virtuales para la simulación y verificación en el fresado CNC de componentes complejos. La metodología desarrollada, es adaptable a otros modelos y es especialmente útil para la manufactura de componentes de morfología constructiva compleja en máquinas CNC multiejes.

La metodología empleada para la elaboración del modelo anterior, contiene los principios necesarios para implementar en cualquier otro proceso; es decir, se puede adoptar a cualquier otro modelo (con algunas ligeras modificaciones).

Las estrategias de maquinado se constituyen a partir de las operaciones, herramientas y parámetros de corte y están en función de las características morfológicas de la pieza a fabricar.

Para la manufactura de componentes de morfología constructiva compleja, en máquinas CNC, es de notable utilidad el desarrollo de simulaciones digitales con elevado realismo, que permitan verificar las condiciones de proceso y de montaje, debido a los altos costos de la tecnología CNC asociada, de las herramientas de corte y de los materiales de trabajo de alto desempeño generalmente maquinados en estas aplicaciones.

El procedimiento desarrollado, servirá como fundamento para la planificación de procesos de manufactura en otras máquinas multiejes como; centro de maquinado vertical de 5 ejes TOP ONE FA-650 Control SIEMENS SINUMERIK 840D-SL.

Los resultados presentados en este artículo se pueden explotar aún más en el proceso industrial y académico, así como en la impartición de cursos para el uso y aplicación de máquinas CNC en la práctica técnica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dubovska, R., Jambor, J., & Majerik, J. (2014). Implementation of CAD/CAM System CATIA V5 in Simulation of CNC Machining Process. En *Procedia Engineering* (Vol. 69, pp. 638-645). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.037>.
- [2] Mauthner, G., Hoffmann, M., Plessing, L., Trautner, T., & Bleicher, F. (2023). Industry-Oriented System Architecture for Feature-Based Data Management in CNC Machining Processes. En *Procedia CIRP* (Vol. 118, pp. 157-162). <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.06.028>.
- [3] García-Barbosa, J., Arroyo-Osorio, J., & Córdoba-Nieto, E. (2014). Planificación del proceso de fresado de una pieza compleja utilizando una máquina herramienta virtual. *Ingeniería Mecánica*, 17(3), 281-287. [fecha de Consulta 12 de enero de 2024]. ISSN: Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225132611007>.
- [4] Reis, R. C., Kokare, S., Oliveira, J., Matias, J. C., & Godina, R. (2023). Life cycle assessment of metal products: A comparison between wire arc additive manufacturing and CNC milling. En *Advances in Industrial and Manufacturing Engineering* (Vol. 6, p. 100117). <https://doi.org/10.1016/j.aime.2023.100117>.
- [5] Dodok, T., Čuboňová, N., Císar, M., Kuric, I., & Zajačko, I. (2017). Utilization of Strategies to Generate and Optimize Machining Sequences in CAD/CAM. En *Procedia Engineering* (Vol. 192, pp. 113-118). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.020>.
- [6] Cifuentes Gómez, A. F., & Cordoba Nieto, E. (2020). Influence of dynamic geometric parameters on multi-axis machining processes. En *DYNA* (Vol. 87, Números 215, pp. 214-220). <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.90417>.
- [7] Ezugwu, E. O. y Wang, Z. M. "Materials Titanium alloys and their machine ability - A review". *Journal of Materials Processing Technology*. 1997, vol. 68, p. 262-274. ISSN 0924-0136. DOI 10.1016/S0924-0136(96)00030-1.
- [8] Moriwaki, T. "Multi-functional machine tool". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2008. vol. 57, n.º. 2, p. 736-749. ISSN 0007-8506. DOI 10.1016/j.cirp.2008.09.004.
- [9] Quinsat, Y., Lavernhe, S. y Lartigue, C. "Characterization of 3D surface topography in 5-axis milling". *Wear*. 2011, vol. 271, n.º. 3-4, p. 590-595. ISSN 0043-1648. DOI 10.1016/j.wear.2010.05.014.
- [10] Becze, C. E., Clayton, P. y Chen, L. "High-speed five-axis milling of hardened tool Steel". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 2000, vol. 40, n.º. 6, p. 869-885. ISSN 0890-6955. DOI 10.1016/S0890-6955(99)00092-9.
- [11] Singh, N. *Systems Approach to Computer - Integrated Design and Manufacturing*. USA: John Wiley & Sons, Inc., 1996. ISBN 0-471-58517-3.
- [12] Kadir, A. A., Xu, X. y Hämmerle, E. "Virtual machine tools and virtual machining-A technological review". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2011, vol. 27, n.º. 3, p. 494-508. ISSN 0736-5845. DOI 10.1016/j.rcim.2010.10.003.
- [13] Altintas, Y., Brecher, C. y Weck, M. "Virtual Machine Tool". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2005, vol. 54, n.º. 2, p. 115-138. ISSN 0007-8506. DOI 10.1016/S0007-8506(07)60022-5.
- [14] Kadir, A. A. y Xu, X. "Towards High-Fidelity Machining Simulation". *Journal of Manufacturing Systems*. 2011, vol. 30, n.º. 3, p. 175-186. ISSN 0278-6125. DOI 10.1016/j.jmsy.2011.04.004.
- [15] Altintas, Y., Kersting, P. y Biermann, D. "Virtual process systems for part machining operations". *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. 2014, vol. 63, n.º. 2, p. 585-605. ISSN 0007-8506. DOI 10.1016/j.cirp.2014.05.007.
- [16] Radzevich, S. *Kinematic Geometry of Surface Machining*. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008. ISBN 978-1-4200-6340-0.
- [17] Lasemi, A., Xue, D. y Gu, P. "Recent development in CNC machining of freeform surfaces: A state-of-the-art review". *Computer-Aided Design*. 2010, vol. 42, n.º. 7, p. 641-654. ISSN 0010-4485. DOI 10.1016/j.cad.2010.04.002.
- [18] Azzam, N., Chaves-Jacob, J. y Boukebbab, S. "Adaptation of machining tool path to distorted geometries: application to remove a constant thickness on rough casting prosthesis". *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2014, vol. 72, p. 1073-1083. ISSN 0268-3768. DOI 10.1007/s00170-014-57.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Aplicación de la metodología DMAIC en un proceso de producción de cajas plegadizas de cartón



Colaboración

Manuel Mata Hernández; Karen Elena Blanco Alejandro, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Naranjos

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2023

RESUMEN: La calidad de los productos, depende enteramente de la calidad de los procesos. Cada una de las etapas de un proceso productivo agrega valor a los productos, invirtiendo recursos económicos, materiales y de mano de obra. En el presente trabajo se lleva a cabo la implementación de la metodología DMAIC, en un proceso de producción de cajas plegadizas de cartón, especializada en la impresión offset y el litolaminado. Se buscó generar un plan de mejora para la reducción y control de merma. La metodología aplicada permitió por medio de distintas herramientas estadísticas y de calidad como el diagrama de Pareto y el diagrama causa - efecto, identificar las causas raíz asociadas al problema, además por medio del índice PPM y cartas de control se logró medir la capacidad y analizar el comportamiento del proceso de producción, así mismo, a través del AMEF se pudo plantear soluciones de mejora a las causas identificadas. Después de la implementación de las mejoras potenciales se logró aumentar el nivel de sigmas en el proceso de impresión de 3.43 a 3.67, obteniendo como resultado el logro del objetivo principal del proyecto, reduciendo en un 44.4% la cantidad de merma en el proceso.

PALABRAS CLAVE: Calidad, DMAIC, producción, ppm, merma.

ABSTRACT: The quality of the products depends entirely on the quality of the processes. Each stage of a production process adds value to the products, investing economic, material and labor resources. In the present work, the implementation of the DMAIC methodology is carried out in a production process of folding carton boxes, specialized in offset printing and litholaminating. The aim was to generate an improvement plan for the reduction and control of waste. The methodology applied allowed, by means of different statistical and quality tools such as the Pareto diagram and the cause-effect diagram to identify the root causes associated with the problem; also, by means of the PPM index and control charts, it was possible to measure the capacity and analyze the behavior of the production process; likewise, through the AMEF it was possible to propose improvement solutions to the identified causes. After implementing the potential improvements, it was possible to increase the sigma level in the printing process from 3.43 to 3.67, resulting in the achievement of the main objective of the project, reducing the amount of waste in the process by 44.4%.

KEYWORDS: Quality, DMAIC, production, ppm, loss.

INTRODUCCIÓN

La implementación de Seis Sigma en la empresa fabricante de cajas plegadizas de cartón, basado en la metodología DMAIC, permitió definir las acciones necesarias para cumplir con los objetivos establecidos para las reducción y control de merma en el proceso de producción de empaques de cartón, logrando así realizar una propuesta de mejora de acuerdo con las oportunidades evidenciadas en cada fase de esta. Navarro et al. (2017), en su artículo denominado "Metodología e implementación de Six Sigma", mencionan que la metodología Seis Sigma, se originó en la década de los 80's, en la empresa Motorola, debido a la necesidad de analizar y valorar la variabilidad en sus procesos. Por lo que para el presente trabajo se considera como la herra-

mienta adecuada para lograr el objetivo generar un plan de mejora para la reducción y control de merma en el proceso de producción.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fase Definir

En esta fase se llevó a cabo la recolección de la información más relevante acerca del proceso de producción. Con la información recolectada se estableció una secuencia lógica de los métodos y herramientas utilizadas, haciendo uso del diagrama de flujo de proceso.

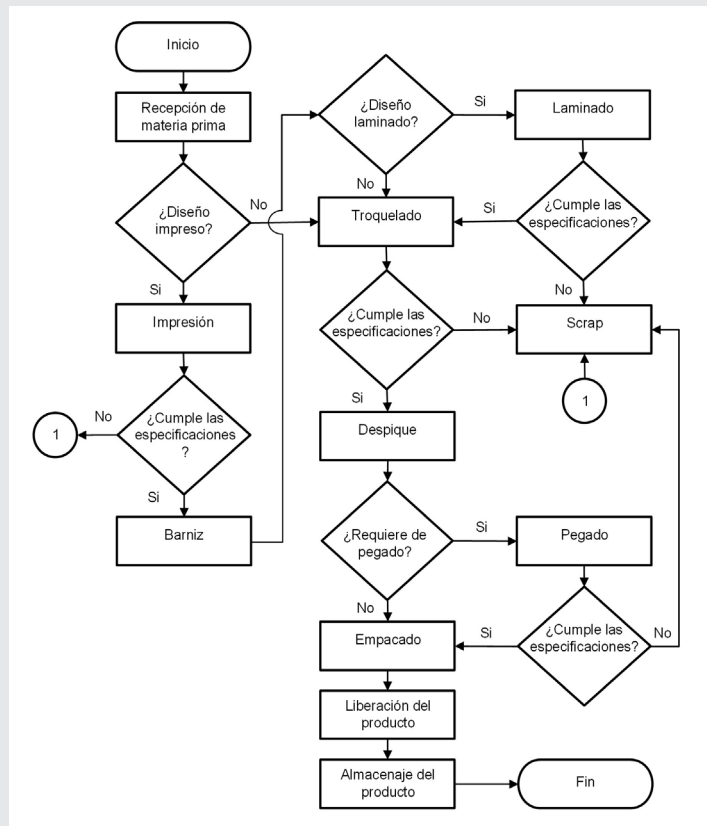


Figura 1. Diagrama de flujo de proceso del proceso de producción de empaques de cartón.

Fuente: Elaboración propia.

En la definición de los KPI's del proyecto, el principal indicador de medición del desempeño del proceso es en base a la merma, el cual se midió como sigue:

$$\% \text{ de merma} = \frac{\text{Cantidad de merma}}{\text{Cantidad de producción}} \times 100 \quad \text{Ec. 1}$$

El proceso de producción de empaques de cartón tiene cuatro procesos principales: impresión, laminado, troquelado y pegado; cada uno de ellos genera merma de scrap.

Los registros de producción y merma fueron recolectados diariamente durante 20 días, obteniéndolos como sigue:

Tabla 1. Cantidad de merma en piezas de cada proceso para la producción de empaques de cartón.

Cantidad de merma en piezas de cada proceso				
Días	Impresión	Laminado	Troquelado	Pegado
1	815	0	302	534
2	650	0	198	283
3	960	0	34	0
4	54	0	0	210
5	1268	10	102	115
6	500	11	60	0
7	1582	0	164	350
8	810	0	48	705
9	396	0	147	212
10	347	0	114	0
11	200	0	13	0
12	800	43	6	0
13	453	0	224	658
14	932	0	14	0
15	42	0	190	52
16	221	0	143	31
17	400	0	30	0
18	60	0	0	0
19	144	0	0	368
20	1760	56	200	0
TOTAL	12394	120	1989	3518

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las mermas de manera gráfica mediante un diagrama de Pareto.

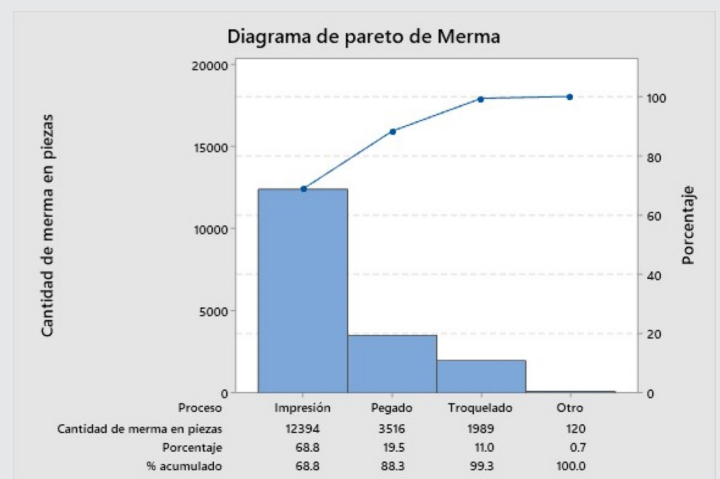


Figura 2. Diagrama de Pareto de merma en los procesos de producción.

Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama de Pareto, se observó que la mayor cantidad de merma se genera en la etapa de "imprimir".

Fase Medir.

En la fase "Medir", se tiene como objetivo general entender y cuantificar mejor la magnitud del problema o

situación que se aborda. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento. Las etapas detalladas del proceso se analizaron de la siguiente manera:

- Identificación de puntos críticos del proceso productivo.
- Proceso de impresión.
- Recepción de la orden de trabajo.
- Recepción del material.
- Revisión del material.
- Ajustar o apilar el material.
- Ajuste del Feeder.
- Ajuste de llegada de material.
- Ajuste de salida de material.
- Montar tintas.
- Montar placas.
- Revisar agua en reserva.
- Ajustar presiones de las unidades.
- Prueba de registro e impresión.
- Ajustar registro.
- Ajustar tono.
- Revisar el polvo.
- Arranque de impresión.

Posteriormente se realizó la identificación de los defectos que más se presentan en las cajas plegadizas de cartón, como se sigue:

- Registro.
- Velo.
- Tono.
- Arranque.
- Piojos.
- Repinte.
- Por material.

Tabla 2. Cantidad de merma en piezas de cada defecto en el proceso de impresión.

Cantidad de defectos en el proceso de impresión				
Defecto	Número de defectos	Número de defectos acumulados	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Velo	174	174	34.3	34.3
Registro	146	320	28.7	63.0
Tono	100	420	19.7	82.7
Arranques (manchado)	88	508	17.3	100.0

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el diagrama de Pareto por tipo de defectos en el proceso de impresión, se aprecia que los defectos de velo y registro son los de mayor incidencia con 174 y 146 unidades respectivamente. Esta herramienta permite visualizar que el 82.7% de la merma es ocasionada por velo y registro, y con menor efecto por el tono del color.

En la etapa "Medir", el análisis del Sistema de medición (MSA: analysis of the measurement system), se basa en el análisis de las características del material,

a través de una inspección visual. Los operarios observan durante el proceso el resultado de la impresión asegurándose que el material cumpla con las especificaciones establecidas en la orden de trabajo y sean iguales a la pieza master, algunas de las características que toman en cuenta para decidir si el material es aceptado o rechazado son el registro, tono, que no cuente con velo, que no haya repinte, piojos o manchas, entre otros. Para obtener información confiable, se realizó el análisis de la consistencia del sistema de medición de la calidad, para lo cual, se ejecuta un estudio R&R para datos binarios, es decir, por un sistema pasa/no pasa, para valorar la consistencia de los criterios utilizados por los operarios que realizan estas evaluaciones. Para ello, se seleccionaron las tres personas participantes, los operadores o inspectores que participaron son los que normalmente están haciendo las evaluaciones durante el proceso.

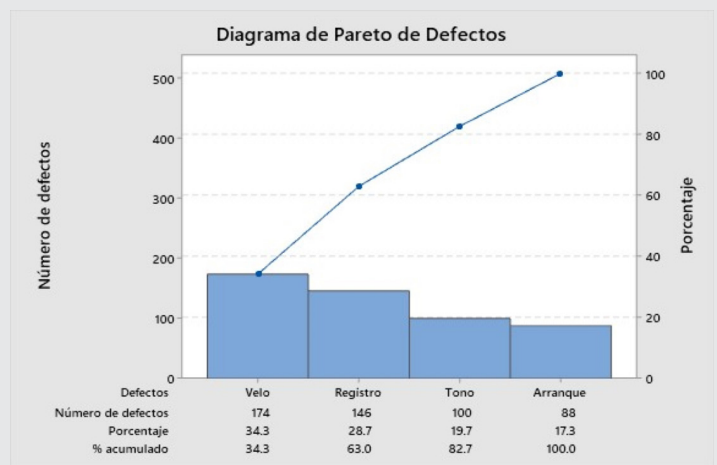


Figura 3. Diagrama de Pareto por tipo de defectos en el proceso de impresión.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se seleccionaron 20 piezas de todo tipo de calidad de acuerdo con el manual MSA de las Core Tools de la AIAG, las piezas para el estudio se eligieron de manera que cubran todo el rango, desde aquella que se rechaza en todas las repeticiones hasta la que se acepta en todas, con al menos seis piezas en la zona intermedia, donde unas veces son rechazadas y otras aceptadas a lo largo de las repeticiones, se escogieron en esa zona debido a que es donde se tiene mayor riesgo de equivocación en los criterios de aceptación y rechazo. El siguiente paso, fue establecer el estándar de aceptación o rechazo. Se realizaron etiquetas para cada uno de los elementos de estudio y se les asignó un número único para identificarlos. Para realizar el estudio se creó una hoja de trabajo de concordancia de atributos para la recolección de datos, en ella se establecieron los parámetros del estudio a saber: 3 evaluadores, 2 ensayos y 20 elementos de prueba, la hoja se puede ver en la Figura 4.

Crear hoja de trabajo de concordancia de atributos

Evaluadores y ensayos

Número de evaluadores:

Número de ensayos:

(Número de veces que los evaluadores miden cada elemento)

Elementos de la prueba y estándares conocidos

¿Cómo desea proporcionar los nombres de los elementos y los estándares?

Ingrese una tabla

Para cada elemento de prueba, complete la tabla a continuación.

	Nombre	Estándar
1	Operador 1	No pasa
2	Operador 2	No pasa
3	Operador 3	No pasa
4	Operador 1	Pasa
5	Operador 2	Pasa
6	Operador 3	Pasa
7	Operador 1	No pasa
8	Operador 2	No pasa
9	Operador 3	No pasa
10	Operador 1	Pasa
11	Operador 2	Pasa
12	Operador 3	Pasa
13	Operador 1	Pasa
14	Operador 2	Pasa
15	Operador 3	Pasa
16	Operador 1	No pasa
17	Operador 2	No pasa
18	Operador 3	No pasa
19	Operador 1	Pasa
20	Operador 2	Pasa

Elemento bueno o aceptable:

Elemento malo o inaceptable:

Figura 4. Parámetros para la creación de la hoja de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones normales del proceso. Cada inspector evaluó cada pieza dos veces. Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 3, en la cual, en cada juicio de un inspector se anota "No pasa si rechazó la pieza, o Pasa si la aceptó".

Así mismo, en la Figura 5 se muestran los resultados obtenidos del análisis de los datos de la Tabla 3.

Tabla 3. Datos obtenidos del análisis del sistema de medición.

Elemento	Operador 1		Operador 2		Operador 3		Estándar
	1	2	1	2	1	2	
1	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
2	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
3	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
4	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
5	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
6	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
7	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
8	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
9	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
10	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
11	Pasa	Pasa	No pasa	Pasa	Pasa	No pasa	Pasa
12	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
13	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa
14	Pasa	Pasa	Pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa
15	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa
16	No pasa	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
17	Pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
18	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa	No pasa
19	Pasa	Pasa	No pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa
20	Pasa	No pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la gráfica de la parte superior izquierda que las evaluaciones de los elementos de la prueba coinciden correctamente con el estándar 91.7% del tiempo, es decir, que los evaluadores coincidieron en 110 ocasiones y el estudio tenía un total de 120 evaluaciones. Así mismo, se aprecia que hay una tasa de error general del 8.3%. En general el sistema

de medición por atributos tiene una calificación aceptable de 91.7%.

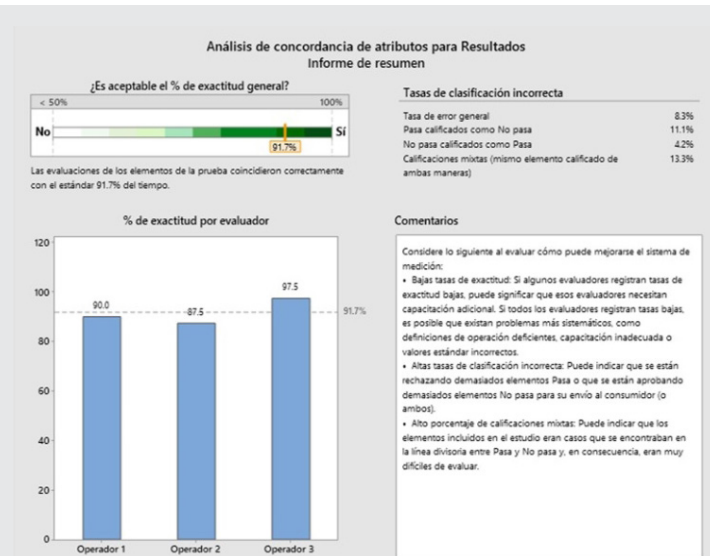


Figura 5. Análisis de concordancia de atributos para resultados, informe del resumen. Fuente: Elaboración propia.

En la gráfica de porcentaje de exactitud por evaluador ubicada en la parte inferior izquierda de la Figura 6 se muestra la uniformidad de las respuestas de cada evaluador. El operador 1 coincidió en un 90%, el operador 2 en un 87.5% y el operador 3 coincidió en un 97.5%. Para efectos de conformidad los operadores 1 y 2 se encuentran unos puntos por debajo del porcentaje de exactitud general, mientras que el operador 3 está varios puntos por encima del mismo.

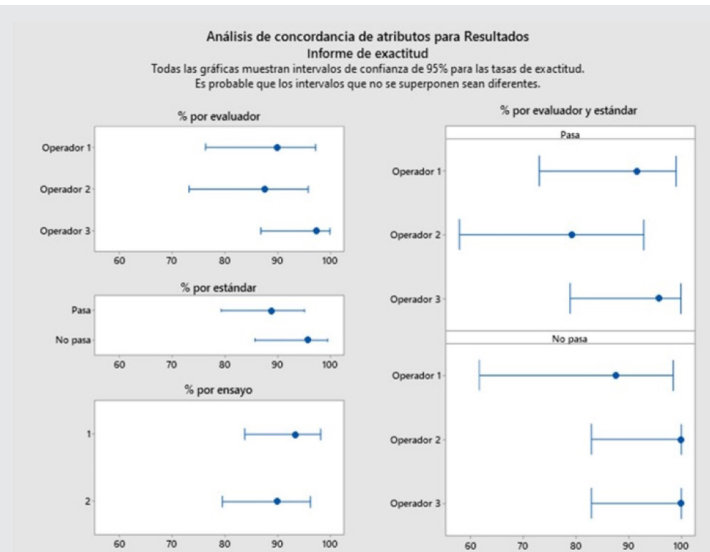


Figura 6. Análisis de concordancia de atributos para resultados, informe de exactitud. Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del porcentaje por evaluador, por estándar y por ensayo se presentan en las gráficas

del lado izquierdo de la anterior imagen. La primera gráfica correspondiente al porcentaje por evaluador muestra que el operador 3 tuvo en promedio mayor porcentaje de acierto que los operadores 1 y 2. El operador 3 en un nivel de confianza del 95% obtuvo un estimado de 97.5% para un intervalo de 86.84 – 99.94. Por otro lado, los operadores 1 y 2 en un rango de confianza del 95% obtuvieron un estimado de 90% y 87.5% respectivamente. La segunda gráfica de porcentaje por estándar, indica que para un nivel de confianza del 95% entre los intervalos 79.28 – 95.08 los evaluadores coinciden en un 88.89% en el criterio Pasa. En cuanto al criterio No pasa los evaluadores obtuvieron un 95.83% entre un intervalo de 85.75 – 99.49. En la gráfica porcentaje por ensayo se puede observar que los evaluadores tuvieron una mayor exactitud en el ensayo 1 con un 93.33% con respecto al ensayo 2 que obtuvieron un 90%.

En la gráfica porcentaje por evaluador y estándar ubicada en la parte derecha de la Figura 6 se tienen los diferentes resultados obtenidos para cada evaluador tomando en cuenta la exactitud de sus evaluaciones en un nivel de confianza de 95%. En cuanto a las evaluaciones de Pasa, se observa que los operadores 1 y 3 sobrepasan el 91.7% de exactitud respecto al estándar, mientras que el operador 2 está por debajo del mismo con un 79.2%.

Por su parte en los elementos No Pasa se observa que los operadores 2 y 3 tienen un 100% de exactitud, mientras que el operador 1 tiene un 87.5%. En promedio el porcentaje de exactitud de los operadores fue mayor en los elementos No pasa que en los Pasa.

lo dice los elementos que con mayor frecuencia se clasificaron de manera incorrecta. Es importante rescatar que en total dos elementos: 2 y 6; fueron clasificados incorrectamente en un porcentaje mayor al 30% de las ocasiones. Y de estas, el elemento 6 presenta un 50% de inexactitud respecto al estándar. Se presenta una baja tasa de error general que alcanzó el 8.3%.

De acuerdo con las gráficas de las tasas de clasificación incorrecta por evaluador se tiene que el operador 2 obtuvo un mayor porcentaje de clasificaciones incorrectas, 20.8% de las veces no pasó elementos que debería haber pasado. Se presenta una diferencia en cuanto a los elementos que no deberían pasar según estándar y que los evaluadores calificaron como Pasa. En este caso el operador 1 presenta un 12.5% de calificaciones incorrectas contra un 0% de los operadores 2 y 3. En cuanto al porcentaje clasificado de los dos modos se aprecia que de los tres evaluadores el operador 3 obtuvo menos calificaciones de los 2 modos (Pasa y No pasa) para un mismo elemento que las realizadas por los operadores 1 y 2. En el primer caso, como se puede observar en la gráfica, el operador 3 obtuvo un 5% de inexactitud contra el 20% y 15% obtenido por los operadores 1 y 2 respectivamente.

De todo lo anterior se puede decir que el sistema de medición por atributos tiene una calificación aceptable de 91.7%, así como que el operador 3 tiene mejor exactitud general con un 97.5%.

En la fase “Analizar”, una vez recolectados los datos del proceso en el área de impresión, se procede al análisis estadístico y conceptual de la información.

Caracterizar los procesos: Con la información recolectada en la fase anterior se realiza un diagnóstico del sistema productivo identificando las variables y causas que afectan su funcionamiento. La observación directa del proceso de impresión ayudó a identificar la merma de materia prima directa de cada orden de trabajo, este material impreso va incluido en el conteo de los tiros de impresión, asimismo el operador separa el material impreso defectuoso o que no cumple con las características establecidas por el cliente, esto facilita que se realice un conteo manual de la cantidad de merma por tiro. Con estos datos se tiene como objetivo calcular la capacidad de procesos.

Para conocer cuál es la capacidad de procesos actualmente en la empresa es necesario primero que nada identificar lo que se está midiendo, en este caso el indicador utilizado es el de la tasa de defectos, medido en defectos por millón de oportunidades (PPM), este indicador se aplica cuando la parte cumple o no cumple (pasa o no pasa), y aquí se aplica la distribución binomial y su aproximación a la normal.

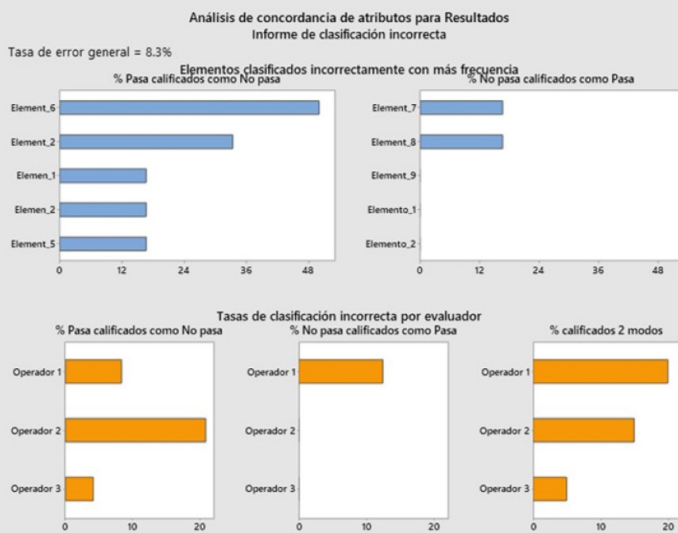


Figura 7. Análisis de concordancia de atributos para resultados, informe de clasificación incorrecta.

Fuente: Elaboración propia.

En las gráficas elementos clasificados incorrectamente con más frecuencia, se identifican como su nombre

En el caso del proceso de impresión se inspeccionaron 6,000 pliegos de papel cable impresos de los cuales se detectaron 162 pliegos con defectos, por lo tanto, el índice de defectos por millón es el siguiente:

$$PPM = \frac{162}{6,000} \times 1,000,000 = 0.027 \times 1,000,000 = 27,000 \quad \text{Ec. 2}$$

Lo cual quiere decir que de un millón de pliegos impresos se espera tener 27,000 con defectos, esto significa que no se tiene un proceso Seis Sigma.

A continuación, se muestran los resultados del nivel de calidad de corto plazo, sin desplazamiento del proceso.

$$\text{Nivel de calidad en sigmas } (Z_c) = 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(27,000)} = 3.43 \quad \text{Ec. 3}$$

De aquí que la capacidad de corto plazo es igual a 3.43 sigmas, lo cual está por debajo de la meta de Seis Sigma.

Del análisis de los datos de inspecciones del proceso productivo de la empresa se detectó a través de una estratificación y un análisis de Pareto que la mayor cantidad de merma generada está relacionada con el proceso de impresión.

Cartas de control: En este caso se usó la Carta NP (número de pliegos defectuosos) debido a que el tamaño de subgrupo o muestra es constante, para ello, se decidió inspeccionar una muestra de $n = 200$. Los datos obtenidos en 30 muestras se enlistan en la Tabla 4.

Tabla 4. Defectos en el proceso de impresión.

Defectos en el proceso de impresión			
Muestra	Pliegos defectuosos	Muestra	Pliegos defectuosos
1	20	16	2
2	15	17	5
3	10	18	6
4	12	19	3
5	5	20	4
6	4	21	6
7	2	22	3
8	3	23	4
9	4	24	3
10	2	25	1
11	3	26	10
12	5	27	9
13	2	28	5
14	6	29	3
15	3	30	2
Suma total			162

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la prueba para la gráfica NP de Pliegos defectuosos

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central. La prueba falló en los puntos: 1 y 2.

PRUEBA 2. 7 puntos consecutivos en el mismo lado de la línea central. La prueba falló en los puntos: 11, 12 y 13.

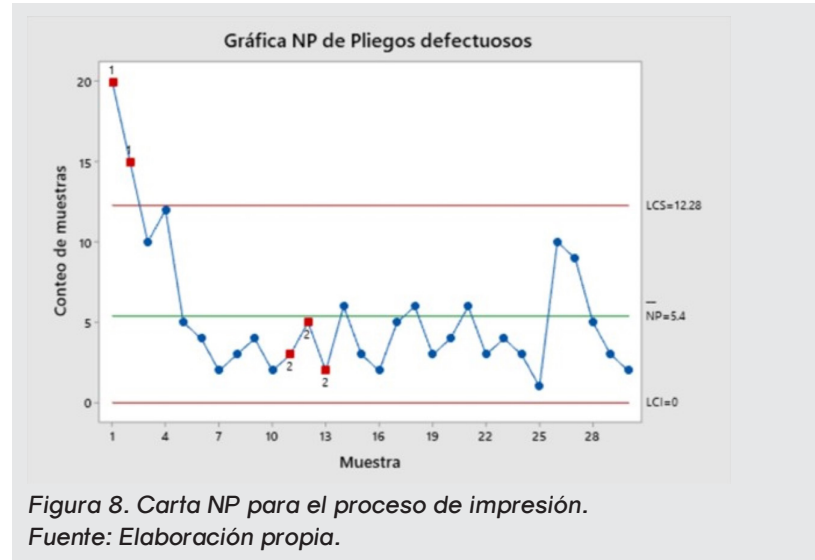


Figura 8. Carta NP para el proceso de impresión. Fuente: Elaboración propia.

La carta NP resultante se muestra en la Figura 12, donde se aprecia que el proceso no funcionó de manera estable, ya que el número de piezas defectuosas en la muestra 1 y 2 es mayor que el límite superior; mientras que en las muestras 11, 12 y 13 cumplen con la prueba 2, la cual identifica cambios rápidos en el centrado o la variación del proceso. De aquí que se tenga una evidencia para saber que en la producción de las muestras 1 y 2 se presentó una causa o situación especial que empeoró el proceso de forma seria.

Capacidad de proceso para los productos no conformes

Se diseñó una prueba de normalidad para verificar si los datos se ajustan a una distribución hipotética basada en una inspección visual.

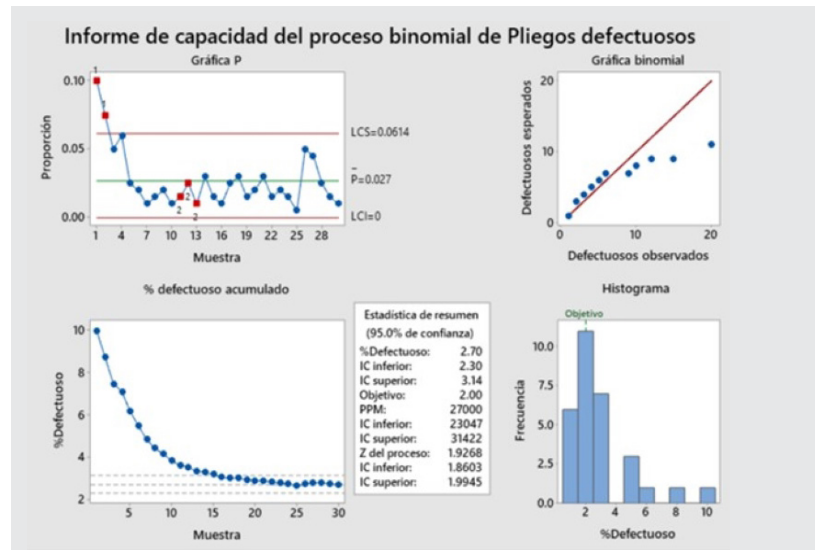


Figura 9. Informe de capacidad del proceso binomial de pliegos defectuosos. Fuente: Elaboración propia.

Gráfica P

La gráfica P que se presenta en este informe es similar a la gráfica NP anterior, esta representa la proporción de unidades no conformes o defectuosos para cada subgrupo. La línea central es la proporción promedio de defectuosos en todos los subgrupos. Los límites de control, que se establecen a una distancia de 3 desviaciones estándar por encima y por debajo de la línea central, muestran la cantidad de variación esperada en las proporciones de los subgrupos.

Interpretación: La gráfica NP muestra que, en promedio, 2.7% de los elementos son defectuosos en cualquier trabajo dado.

Gráfica de % defectuoso acumulado

Los puntos de la gráfica de % defectuoso acumulado muestran la media de % defectuoso para cada muestra. Los puntos se muestran en el orden en que se recolectaron las muestras. La línea horizontal intermedia representa la media de % defectuoso calculada a partir de todas las muestras. Las líneas horizontales superior e inferior representan los límites de confianza de la media de porcentaje defectuoso.

Interpretación: La gráfica % de defectuoso acumulado se utiliza para determinar si se tienen suficientes muestras para una estimación estable del porcentaje defectuoso. Para observar cómo cambia la estimación a medida que se recolectan más muestras se examina el porcentaje defectuoso de las muestras ordenadas cronológicamente. Lo ideal es que el porcentaje defectuoso se estabilice después de varias muestras, como lo indica el aplanamiento de los puntos graficados a lo largo de la línea de la media de porcentaje defectuoso.

En esta gráfica, se puede observar que el porcentaje defectuoso se estabiliza a lo largo de la línea de la media de porcentaje defectuoso. Por lo tanto, se puede decir que el estudio de capacidad incluye suficientes muestras para una estimación estable y fiable de la media de porcentaje defectuoso.

Gráfica binomial

La gráfica binomial muestra el número observado de elementos defectuosos con respecto al número esperado de elementos defectuosos. La línea diagonal muestra dónde se ubicarían los datos si siguieran perfectamente la distribución binomial. Si los datos se desvían significativamente de esta línea, el análisis de capacidad binomial podría no proporcionar resultados fiables.

Interpretación: Esta gráfica binomial se utiliza para evaluar si los datos siguen una distribución binomial. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta gráfica, los puntos de los datos no se encuentran a lo largo de la línea cerca de la parte superior derecha de la gráfica. Lo anterior quiere decir que estos datos no siguen una

distribución binomial y no se pueden evaluar de manera fiable utilizando el análisis de capacidad binomial.

Histograma. Este histograma muestra la distribución del porcentaje de pliegos defectuosos en las muestras. Las barras muestran la recuencia del % defectuoso dentro de cada intervalo.

Interpretación: En este caso se utiliza el histograma de % defectuoso, para evaluar la distribución del % de imperfecciones en las muestras. Al comparar la línea de referencia del valor objetivo con las barras del histograma se puede observar que el proceso no es capaz, ya que la mayoría de las barras del histograma están a la derecha del valor objetivo.

Analizar las causas raíz

A continuación, se presenta los diagramas de causa y efecto correspondientes a los defectos de velo, registro y tono.



Figura 10. Diagrama de causa y efecto del defecto velo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 11. Diagrama de causa y efecto del defecto registro. Fuente: Elaboración propia.



Figura 12. Diagrama de causa y efecto del defecto tono.
Fuente: Elaboración propia.

el caolín (lo blanco del material) no es el correcto o si este es cortado de manera irregular influye en los defectos mencionados.

Método

No se cuenta con un proceso estandarizado sobre la secuencia de las operaciones a realizar para el ajuste e impresión, lo que genera que las actividades se realicen en una secuencia opcional lo que genera un descontrol en el proceso.

Mediciones

No se cuenta con los instrumentos de medición adecuados, de igual forma los utilizados no cuentan con un proceso de uso estandarizado como por ejemplo con el uso del cuenta hilos para determinar la calidad del trabajo, la rigurosidad del entintado como para encajar los colores. En algunas ocasiones las mediciones se hacen a criterio propio ya que algunas características de medición no están establecidas. Así mismo no se lleva un registro de estas.

Medio ambiente

El lugar de trabajo cuenta con poca iluminación natural, en su mayoría posee iluminación artificial y es deficiente por la ubicación e insuficiencia de las luminarias.

Fase Mejorar

En esta fase se hace uso de la herramienta AMEF (Análisis de Modo y Efecto de Falla) ya que esta se utiliza para la determinar el modo de falla a atacar. Se consultó con los diferentes operarios, solicitando diferentes causas por las cuales existía la aparición de velo en la impresión, las fallas en el registro y la variabilidad de los colores, según ello, se ubicaron las causas más comunes. Posteriormente para cada falla, se identificó su efecto y su grado de severidad, de igual manera se encontraron las causas potenciales de falla y la frecuencia de ocurrencia.

Se identificaron los controles para detectar la ocurrencia y estimar la posibilidad que estos detecten. Después se calculó el índice de prioridad de riesgo (NPR) el cual se obtiene del producto de la multiplicación: severidad x ocurrencia x detección. Finalmente, para los NPR mayores, se identificaron acciones para reducir el efecto o la posibilidad de ocurrencia. De acuerdo con la AIAG. (2008), se llevó a cabo el siguiente AMEF.

Interpretación de los diagramas de Ishikawa

Mano de obra

Una de las causas principales en cuanto a los operarios es la falta de capacitación de los mismos, lo que disminuye la capacidad de manejo de la máquina offset al momento de su ajuste, así como de los instrumentos de medición.

Máquina

Las paradas de máquinas se pueden presentar debido a que los operarios no realizan las medidas correctamente para ubicar las placas en la impresora offset y estas generan el atasco del pliego o paso doble del mismo, debido a la presión no regulada en la máquina offset y por la limpieza de placas. Para calibrar la máquina offset, se debe tener en cuenta el gramaje o cuerpo del papel a usar en la impresión. Si el calibrado no es correcto, si hay poca o demasiada presión, la impresión sale deslavada o hay paso doble de hojas.

Material

En cuanto a material los defectos se pueden presentar debido a las tintas, las placas o el papel. Las tintas adquiridas pueden presentar baja calidad, así como también al momento de prepararlas se pueden presentar errores en cuantos a las cantidades a mezclar lo que ocasiona tonos diferentes a los requeridos, así como también que estas resulten demasiado suaves.

Respecto a las placas si estas no tienen una superficie lisa, presentan fisuras o rayas ocasionadas debido a su transporte y almacenamiento, los defectos de estas se acoplan a la imagen de impresión ya que las placas al momento de pasar por los cuerpos entintadores de la máquina offset absorben la tinta y la transfieren al papel. También si el material se encuentra dañado, manchado, poroso, aborregado,

Tabla 5. Análisis de Modo y Efecto de las Fallas, (AMEF).

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS										
Número de proyecto: 1		Proceso: Impresión		Producto afectado: Cajas plegables			Página: 1 de 3 Fecha: diciembre 2022			
Paso del proceso	Modo de falla potencial	Efecto (s) de la falla potencial	Severidad	Control	Causa/mecanismo de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales del proceso para detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Impresión en diferentes tintas.	Velo.	El área de no imagen de la plancha acepta tinta en áreas aleatorias.	8		Exceso de agua.	8	Supervisión por parte del operador.	2	128	Usar la mínima cantidad de agua, de modo que la placa se vea casi seca.
					Placas en mal estado.	8	Inspección visual.	2	128	Realizar una check list para verificar el estado de las placas antes de comenzar el proceso de impresión.
					Preparación de la fuente.	4	Supervisión por parte del operador.	4	128	Utilizar las mediciones establecidas en cuanto a PH y conductividad.
					Tinta demasiado blanda o suave.	4	Inspección visual.	3	96	Añadir tinta fresca o un barniz adecuado.
					Superficie de los mojadores con suciedad.	6	Inspección visual.	2	96	Limpiar los mojadores regularmente, si es necesario sustituir su recubrimiento.
					Demasiada presión en los rodillos de revelado del procesador automático de planchas.	5	Supervisión por parte del operador.	3	120	Comprobar la presión del rodillo del área de revelado del procesador automático de planchas.
Ajuste incorrecto de los elementos de la máquina.	5	Supervisión por parte del operador.	3	120	Ajustar las presiones de la máquina.					

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS										
Número de proyecto: 1		Proceso: Impresión		Producto afectado: Cajas plegables			Página: 2 de 3 Fecha: Diciembre 2022			
Paso del proceso	Modo de falla potencial	Efecto (s) de la falla potencial	Severidad	Control	Causa/mecanismo de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales del proceso para detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Impresión en diferentes tintas.	Registro	Los últimos colores ya no registran con los primeros.	8		Ajuste de la llegada de material.	8	Supervisión por parte del operador.	3	192	Realizar los ajustes necesarios de acuerdo con las medidas del material a procesar.
					Material en mal estado.	6	Inspección visual.	2	96	Realizar una check list para verificar el estado del material.
					Prensa, placa, mantilla y sustratos mal alineados.	4	Supervisión por parte del operador.	3	96	Reajustar la máquina según sea necesario.
					Imagen mal alineada en la placa.	2	Inspección visual.	5	80	Revisar con el encargado de prepresa si hay problemas con la película de la placa.
					Presión excesiva.	3	Supervisión por parte del operador.	3	72	Reducir la presión, hacer comprobaciones y reajustar la máquina.
					La temperatura y humedad relativa del papel no se encuentran equilibradas con el ambiente.	1	Supervisión por parte del operador.	9	72	Dejar que el papel se equilibre con la temperatura ambiental antes de desdovolverlo. Mantener las pilas de material cubiertas entre una pasada y otra de la máquina de imprimir. Comprobar la dirección de fibra del papel.

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS										
Número de proyecto: 1		Proceso: Impresión		Producto afectado: Cajas plegables			Página: 3 de 3 Fecha: Diciembre 2022			
Paso del proceso	Modo de falla potencial	Efecto (s) de la falla potencial	Severidad	Control	Causa/mecanismo de la falla potencial	Ocurrencia	Controles actuales del proceso para detección	Detección	NPR	Acciones recomendadas
Impresión en diferentes tintas.	Tono	La impresión presenta una ligera o fuerte variación de tonalidad.	7		Excesiva cantidad de tinta en los rodillos de la batería.	5	Inspección visual.	3	105	Utilizar una película de tinta más fina.
					Mala graduación del tintero.	8	Supervisión por parte del operador.	2	112	Ajustar las llaves del tintero y limpiar los rodillos para eliminar el exceso de tinta.
					La tinta es demasiado densa.	4	Supervisión por parte del operador.	2	56	Añadir un buen barniz litográfico para mejorar la fluidez de la tinta.
					Inadecuada lixotropía (viscosidad) de la tinta.	4	Supervisión por parte del operador.	2	56	Agitar la tinta del tintero con frecuencia para mantener la fluidez.
					Preparación de la fuente inadecuada.	4	Supervisión por parte del operador.	4	112	Ajustar el PH del agua a 5.0 - 5.5.
					Ajustes inadecuados de los rodillos mojadores y de entintado.	5	Supervisión por parte del operador.	3	105	Realizar un reajuste de ambos rodillos. Asegurarse que el ajuste de los rodillos con respecto a las placas es correcto.
Sistema de mojado mal ajustado o con suciedad.	5	Inspección visual.	2	70	Limpiar las superficies de los rodillos mojadores o sustituirlos. Limpiar el sistema de mojado y sus circuitos, sustituyendo la solución de mojado.					

Fuente: Elaboración propia.

En función de los resultados obtenidos de la realización del AMEF, se concluye que las causas principales de las fallas en el proceso de impresión son debido a los ajustes incorrectos de los elementos de la máquina, esto a su vez se deriva de la falta de estandarización del proceso de impresión, ya que los operadores de la máquina no siguen. Una secuencia clara y establecida para las actividades de ajuste. Es decir, los operarios no tienen una ruta establecida estandarizada, lo cual lleva a que cada uno trabaje con un método propio. Se evidenció que la preparación inadecuada de la fuente, los defec-

tos en la materia prima y las placas de impresión en mal estado influyen de manera importante en la aparición de los principales defectos que producen mayor cantidad de merma.

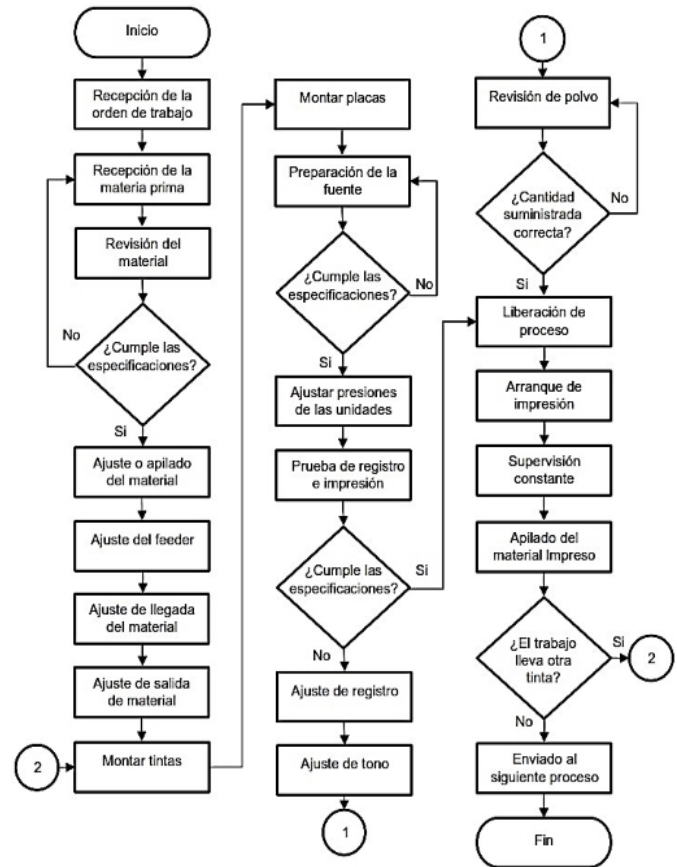


Figura 13. Diagrama de flujo de proceso de impresión.

Fuente: Elaboración propia.

Las herramientas de mejora utilizadas. Para verificar que el proceso se encuentra bajo control se establecieron los siguientes procedimientos.

- Procedimiento para el control del proceso de impresión Offset.
- Orden de trabajo.
- Inspección del material.
- Verificación de las tintas.
- Verificación de la preparación de la fuente.
- Revisar el registro de impresión.
- Revisar textos.
- Revisar colores.
- Verificar cantidad de polvo antirrepinte.

Para verificar su cumplimiento se diseñaron las siguientes listas de verificación (check list). La primera lista de verificación correspondiente a la Figura 15, es aquella establecida para la inspección de material y debe de aplicarse justo después de la recepción del material, para garantizar la calidad de este.

Tabla 6. Lista de verificación para la inspección del material.

SAUBER PRINT		CONTROL DE CALIDAD	
LISTA DE VERIFICACIÓN DE MATERIAL			
Fecha:		Operador:	
Orden de trabajo:		Máquina:	
Condiciones del material		Si	No
Comentarios			
Medidas dentro de las especificaciones.			
Calibre correcto.			
Caolín adecuado.			
Tipo de material correcto.			
Tono del material correcto.			
Material con arrugas.			
Material húmedo.			
Material ondulado.			
Material con polvo en el corte.			
Material sucio.			
Material con problemas de resequead.			
Material con roturas en las orillas.			
Material con manchas.			
Material golpeado / dañado.			
Otros.			
Identificación de tarima.		Si	No
Comentarios			
El material trae identificación.			
La identificación esta correcta y contiene todos los datos.			
El material está bien entarimado.			
El material está bien empleado.			
Otros.			
Autorización.			
Nombre y firma del inspector		Nombre y firma de quien autoriza	

Fuente: Elaboración propia.

La segunda lista de verificación establecida es aquella de la Figura 7. correspondiente a la liberación del proceso de impresión la cual deberá de ser implementada antes del arranque del proceso, con el fin de asegurarse que todas las condiciones de impresión sean las adecuadas y generar la menor variación en el proceso y con ello disminuir los errores y por ende la cantidad de merma.

Tabla 7. Lista de verificación para la inspección del material.

SAUBER PRINT		CONTROL DE CALIDAD	
LISTA DE VERIFICACIÓN DE LIBERACIÓN DE PROCESO			
1. Datos generales del proyecto			
Fecha:		Operador:	
Orden de trabajo:		Máquina:	
Actividad / Inspección a realizar		Si	No
Comentarios			
Se cuenta con la orden de trabajo.			
Se cuenta con el plano del número de parte autorizado por el cliente.			
Se cuenta con la muestra master.			
Verificación de tintas.			
Inspección de placas.			
Inspección de rodillos.			
Inspección de mantillas.			
Inspección de preparación de la fuente.			
Actividad / Inspección a realizar		Si	No
Comentarios			
Registro correcto.			
Tono adecuado conforme a la muestra.			
Textos y gráficos conforme a la muestra.			
Inicio y fin de textos correcto.			
Defectos en logotipos.			
Defectos en códigos de barras.			
Defectos en imágenes.			
La impresión se encuentra alineada.			
Presencia de repinte.			
Presencia de velo.			
Libre de polvo antirrepinte.			
Libre de manchas y franjas de color.			
4. Autorización			
Nombre y firma del inspector		Nombre y firma de quien autoriza	
5. Criterios de monitoreo del proceso			
Realizar la inspección de todos los puntos del apartado 3 de acuerdo a la cantidad establecida en el contador de la máquina.			
Tipo de inspección		Cantidad de producción en tiros	
Visual	50	300	750
Visual	100	400	1500
Visual	150	500	2350
Visual	200	300	1700
			2600
			3800
			5450
			3200
			4400
			5800

Fuente: Elaboración propia.

Fase controlar

Se crea un plan de supervisión y control para reevaluar continuamente los impactos de los cambios de proceso implementados, además de que ayuda a verificar y sostener el éxito de tus soluciones para el futuro. Diseñar el plan de control para mantener la mejora.

Tabla 8. Plan de control del proceso de impresión.

PLAN DE CONTROL DEL PROCESO DE IMPRESIÓN										
Categoría:	Producción	Numero de plan de control:	1	Proceso:	Impresión	Fecha de elaboración:	Enero 2022			
Proceso	Nombre del proceso	Características			Métodos					
		No	Producto	Proceso	Especificaciones y tolerancias del producto / proceso	Técnicas de medición / evaluación	Muestras	Método de control	Plan de reacción	
						Tamaño	Frecuencia			
1	Recepción de la orden de trabajo	1	Orden de trabajo impresa.	De acuerdo con la orden de trabajo solicitar el material a utilizar, las tintas, placas y complementos.	La orden de trabajo debe de contener el plano aprobado por el cliente y una muestra master del número de parte.	Visual	100%	Cada orden de trabajo.	Estándar de fabricación si es un producto repetitivo.	Notificar al área de pre prensa.
1	Recepción de materia prima	1	El material debe de estar identificado (tipo de material, cantidad, cliente y el numero de la orden de trabajo).	El material debe de ser visible y contener todos los datos.	Visual	100%	Cada vez que se ingresa material al área de impresión.	Orden de trabajo	Notificar al encargado de almacén.	
		2	El material debe de ser inspeccionado en la orden de trabajo y cumplir de manera satisfactoria lo establecido en la lista de verificación de material.	El material debe de coincidir con el establecido en la orden de trabajo y no tener daños físicos, posteriormente será ubicado en una zona seca en orden de utilización.	Visual	N/A	Al momento de recibir el material.	Lista de verificación de material	Notificar al supervisor de producción.	
1	Ajuste de la máquina para obtener la muestra inicial	1	Rodillos entintadores en buen estado y limpios.	Rodillos sin marcas, ni daños en su superficie, funcionan correctamente sin trabarse ni producir ruido.	Visual	100%	Revisión diaria y durante el proceso.	En base a la recomendación del fabricante.	Reemplazar.	
		2	Placas en buen estado y limpias.	Verificar que las placas correspondan al número de parte a producir, así como que no tengan ningún tipo de daño físico ni suciedad y que la imagen sea clara.	Visual	100%	Revisión antes del proceso.	En base a las especificaciones de pre prensa.	Reemplazar.	
		3	Mantillas en buen estado y limpias.	Verificar el estado de las mantillas, que no tengan daño físico ni suciedad.	Visual	100%	Revisión antes del proceso.	En base a la recomendación del fabricante.	Reemplazar.	
		4	Ajuste de la máquina.	Ajuste del material. Ajuste del feeder. Ajuste de la llegada del material. Ajuste de salida de material.	Visual	100%	Inicio del proceso	Estándar de fabricación si es un producto repetitivo.	Ajustar a la especificación.	
		5	Montado y verificación de las tintas.	Verificar si las tintas corresponden a las establecidas en la orden de trabajo y el plano. Ordenadas de acuerdo a la secuencia de impresión. Verificar la fecha de caducidad y la consistencia de las mismas.	Visual	100%	Al inicio de cada trabajo.	Orden de trabajo.	Notificar al encargado del almacén.	
		6	Preparación y verificación de la fuente.	Verificar las condiciones del agua, la solución de la fuente, limpieza del agua y que esta sea suministrada en la cantidad correcta.	PH, % de alcohol. Conductividad.	Instrumentos de medición.	1 muestra	Cada orden de trabajo en periodos de 1 hora.	Comparación contra las especificaciones establecidas.	Ajustar a las especificaciones.
		7	Ajuste de las presiones de las unidades	Verificar la presión que las unidades ejercen en la impresión. Esta se calcula multiplicando el calibre del material por 2,55.	Visual.	1 muestra	Cada orden de trabajo en periodos de 1 hora.	En base a la especificación establecida.	Ajustar a las especificaciones.	
		8	Revisión de polvo antirrepinte.	Verificar la cantidad de polvo antirrepinte suministrado.	Visual	1 muestra	Cada orden de trabajo y durante el proceso cada hora.	Control de carga de polvo.	Ajustar a la cantidad adecuada.	
1	Prueba de registro de impresión	1	Correcta posición de los puntos en la selección de colores del pliego impreso.	Con el empleo de un lente cuenta hilos revisar el registro de cruces, estos deben de superponerse de manera correcta en la imagen de impresión.	Visual (cuenta hilos).	1 muestra	Cada orden de trabajo y durante el proceso de impresión según lo establecido en la lista de verificación de proceso.	En base a la especificación establecida.	Realizar los ajustes necesarios.	
1	Revisión contra muestra master	1	La impresión debe de coincidir con la muestra master del producto.	Liberación del proceso de impresión para dar inicio al arranque.	Verificar el registro, tono, texturas e imágenes de la impresión.	Visual	5 muestras	Una vez finalizado el arreglo de la máquina para el trabajo.	Comparación con la muestra master.	Ajustar a las especificaciones.
1	Arranque de impresión	1	Comparación periódica de la muestra master con los	Asegurarse que la lista de verificación de liberación del	Visual	100%	Inicio del arranque.	Lista de verificación de liberación del proceso.	Notificar al supervisor de producción.	

			pliegos impresos.	proceso firmado y autorizado.	este y				
		2	Comienzo de impresión en condiciones óptimas.	Verificar las condiciones de fabricación (agua, químico, polvo antirapante, estado de rodillos entintadores, entrada de papel a la máquina y salida).	Visual	1 muestra	Cada orden de trabajo y durante el proceso cada hora.	En base a las especificaciones establecidas.	Ajustar a las especificaciones.
1	Supervisión de calidad	1	Impresión libre de defectos.	Verificar que la impresión se encuentre libre de defectos (velo, fallas de registro, repinte, polvos, manchas y franjas de color).	Visual	1 muestra	Cada orden de trabajo y durante el proceso de impresión según lo establecido en la lista de verificación de proceso.	Lista de verificación de liberación del proceso.	Realizar los ajustes necesarios.
		2	Registro de datos.	Verificar el registro de la impresión, tono, textos, imágenes, alineación.	Visual	1 muestra	Cada orden de trabajo y durante el proceso de impresión según lo establecido en la lista de verificación de proceso.	Lista de verificación de liberación del proceso.	Realizar los ajustes necesarios.
1	Aprobación de la orden de trabajo.	1	Validar el cumplimiento de la cantidad planificada.	Por medio del contador de la máquina calcular la cantidad de pliegos impresos restando los pliegos defectuosos.	Contador de la máquina	100%	Al término de cada tiro de producción.	Reporte de producción y orden de trabajo.	Notificar al supervisor de producción.
		2	Registrar el consumo de material.	Registrar en el reporte de producción la cantidad de material utilizado.	Contador de la máquina	100%	Al término de cada tiro de producción.	Reporte de producción.	Notificar al supervisor de producción.
		3	Registrar la cantidad de merma generada.	Registrar en el reporte de producción la cantidad de merma obtenida.	Conteo	100%	Al término de cada tiro de producción.	Reporte de producción y orden de trabajo.	Notificar al supervisor de producción.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Mediante la recolección de datos numéricos sobre la cantidad de merma de scrap que generan cada uno de los procesos y haciendo uso del diagrama de Pareto para identificar prioridades, se identificó que la mayor cantidad de merma proviene del proceso de impresión con un 68.8% del total de la merma de producción.

Las actividades realizadas en la fase medir de la metodología contribuyeron a la identificación de los puntos críticos del proceso productivo, por lo que se observó a detalle el proceso de impresión y se recolectaron datos numéricos del mismo, demostrando así que el 82.7% de la merma es ocasionada por velo y registro, y con menor efecto por el tono del color.

En el caso del proceso de impresión se inspeccionaron 6,000 pliegos de papel caple impresos de los cuales se detectaron 162 pliegos con defectos, por lo tanto, el índice de defectos por millón es de 27,000. El resultado obtenido quiere decir que de un millón de pliegos impresos se espera tener 27,000 pliegos con defectos, lo cual habla de que no se tiene un proceso Seis Sigma. Con el resultado anterior se calculó que el nivel de calidad de corto plazo, sin desplazamiento del proceso es de 3.43 sigmas, el cual está por debajo de la meta de Seis Sigma.

De acuerdo con Gutiérrez y De La Vara (2009), en su libro Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma, tener calidad Seis Sigma significa diseñar productos y procesos que logren que la variación de las características de calidad sea tan pequeña que el índice Zc de corto plazo sea igual a seis. En ese caso, a corto plazo se tendría una tasa de defectos de 0.002 PPM, que en términos prácticos equivale a un proceso con cero defectos.

Comparación de los resultados obtenidos con la implementación del plan de mejora. En el caso del proceso de impresión implementando el plan de mejora y control se inspeccionaron 6,000 pliegos de papel caple impresos de los cuales se detectaron 90 pliegos con defectos, por lo tanto, el índice de defectos por millón es el siguiente:

$$PPM = \frac{90}{6,000} \times 1,000,000 = 0.015 \times 1,000,000 = 15,000 \quad \text{Ec. 4}$$

Lo que significa que de un millón de pliegos impresos se espera tener 15,000 pliegos con defectos, con este resultado se puede apreciar que hubo una disminución en el índice de defectos por millón de 12,000 pliegos.

A continuación, se muestran los resultados del nivel de calidad de corto plazo, sin desplazamiento del proceso después de la aplicación del plan de mejora y control.

$$\begin{aligned} \text{Nivel de calidad en sigmas } (Zc) &= 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(PPM)} \\ \text{Nivel de calidad en sigmas } (Zc) &= 0.8406 + \sqrt{29.37 - 2.221 \times \ln(15,000)} \quad \text{Ec. 5} \\ &= 3.67 \end{aligned}$$

De aquí que la capacidad de corto plazo actual es igual a 3.67 sigmas, lo cual representa un aumento de 0.24 puntos. En la siguiente Tabla se muestra la reducción de defectos de un nivel de sigma al siguiente.

Tabla 9. Reducción de defectos al subir el número de sigmas del proceso de impresión.

Pasar de	A	Factor de reducción de defectos	Reducción porcentual
3.43 sigmas (27,000 PPM)	3.67 sigmas (15,000 PPM)	2	44.4%

Fuente: Elaboración propia.

Con la información de la Tabla 12 se aprecia que se logró aumentar el nivel de sigmas en el proceso de impresión, obteniendo como resultado el logro del objetivo principal del proyecto, reduciendo en un 44.4% la cantidad de merma en el proceso.

Para conocer el comportamiento del proceso después de la aplicación del plan de mejora se usó la Carta NP (número de defectuosos) debido a que el tamaño de subgrupo o muestra es constante, para ello, se decidió inspeccionar una muestra de n = 200. Los datos obtenidos en 30 muestras se enlistan en la Tabla 10.

Tabla 10. Defectos en el proceso de impresión después del plan de mejora.

Defectos en el proceso de impresión después del plan de mejora			
Muestra	Pliegos defectuosos	Muestra	Pliegos defectuosos
1	10	16	4
2	6	17	2
3	4	18	3
4	5	19	3
5	3	20	2
6	2	21	2
7	2	22	4
8	1	23	3
9	2	24	2
10	3	25	2
11	3	26	4
12	2	27	3
13	2	28	1
14	2	29	3
15	3	30	2
Suma total			90

Fuente: Elaboración propia.

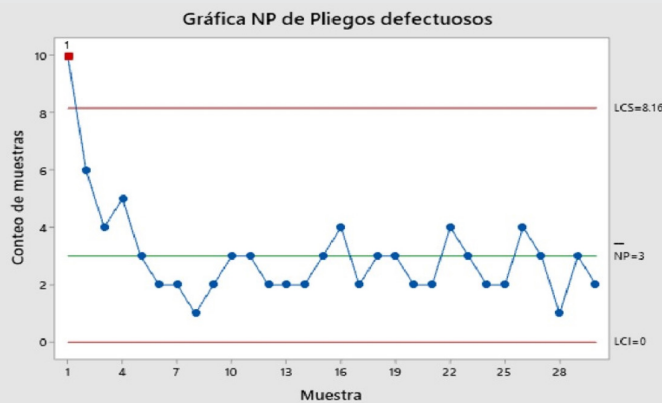


Figura 14. Carta NP para el proceso de impresión después del plan de mejora.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la prueba para la gráfica NP de Pliegos defectuosos

PRUEBA 1. Un punto fuera más allá de 3.00 desviaciones estándar de la línea central. La prueba falló en los puntos: 1.

La carta NP resultante se presenta en la Figura 18, donde se aprecia que el número de piezas defectuosas en la muestra 1 es mayor que el límite superior; mientras que en las demás muestras el proceso funcionó de manera estable. Lo anterior se debe a que al dar inicio al proceso de impresión se realiza el arreglo de la máquina y una vez el ajuste sea el correcto se procede a realizar una prueba de registro e impresión con el fin de establecer el ajuste adecuado de la máquina para una correcta impresión, por lo cual se produce mayor cantidad de merma.

CONCLUSIONES

A través de la aplicación de Seis Sigma en la empresa fabricante de cajas plegadizas de cartón, con base a la metodología DMAIC y haciendo uso de las herramientas de calidad, permitió definir las acciones necesarias para cumplir con los objetivos establecidos para las reducción y control de merma en el proceso de producción de empaques de cartón, logrando así realizar una propuesta de mejora de acuerdo con las oportunidades evidenciadas en cada fase de esta.

Por medio de las herramientas de la calidad como lo son el diagrama de Pareto y el diagrama de Causa-Efecto, se logró identificar las causas raíz asociadas a las mermas para establecer estrategias de solución. Se obtuvo como resultado que el proceso de impresión es el que más merma produce, es decir el de mayor impacto, ya que representa 68.8% del total de la merma. Asimismo, en el proceso de impresión el 82.7% de la merma es ocasionada por velo y registro, y con menor efecto por el tono del color.

Los resultados obtenidos del análisis del sistema de medición del proceso de impresión, usado para conocer la variación y precisión para aceptar o rechazar los productos durante el proceso y decidir si estos pasan a la siguiente etapa, establecen que en general el sistema de medición por atributos tiene una calificación aceptable del 91.7%, con una tasa de error general del 8.3%.

Mediante un control estadístico, y haciendo uso de índices de capacidad como el PPM y cartas de control se pudo medir la capacidad del proceso de producción para conocer el desempeño inicial de la empresa en cuanto a su proceso de impresión, al ser este el de mayor impacto al producir mayor cantidad de merma, dando como resultado un nivel Sigma de 3.43, el cual aumentó a 3.67 luego de implementar las mejoras potenciales identificadas con el uso de la metodología DMAIC, logrando reducir el porcentaje de merma en el proceso de producción en un 44.4%.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AIAG. (2008). *Análisis de Modos y Efectos de Fallas Potenciales (4a Ed.)*. MN, E.U.: Plexus Corporation.
- [2] Escalante, E. (2008). *Seis - Sigma; Metodología y Técnicas*. Limusa. México D.F.
- [3] Gutiérrez, H. (2005). *Calidad total y productividad (2a. Ed.)*. México, D.F., México: McGraw-Hill.
- [4] Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2009). *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma (2a Ed.)*. México, D.F., México: McGraw-Hill Interamericana.
- [5] Navarro, A., Gisbert, V., Y Pérez, A. (2017). *Metodología e implementación de Six Sigma. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 73-80*.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

El emprendimiento social en la literatura científica: Un análisis bibliométrico

RESUMEN: El estudio bibliométrico presentado a continuación examina los cambios que ha tenido la literatura sobre Emprendimiento Social, una rama del emprendimiento que se ha transformado en una poderosa herramienta para propiciar cambios en la sociedad. El objetivo fundamental de esta investigación consiste en analizar la evolución histórica, las tendencias y patrones actuales en este ámbito específico. Este enfoque permitirá no solo conocer el estado actual del campo, sino también proyectar posibles soluciones futuras y áreas de interés para la investigación. Para esto, se examinaron definiciones relevantes y después se identificaron tendencias asociadas al emprendimiento social. Además, se buscaron indicadores pertinentes en la base de datos Web of Science, analizando un total de 22,703 publicaciones que comprenden el periodo 2000-2022, para así, representar estos datos gráficamente utilizando el software VOSviewer. Los resultados muestran cómo la relevancia del Emprendimiento Social ha ido en aumento a lo largo de los años, con un auge notable en el año 2017. También, los problemas señalados en la literatura académica resaltan la necesidad de adoptar enfoques innovadores y una comprensión holística para abordar con éxito la complejidad del emprendimiento social en diversos contextos. De esta manera, este estudio destaca la importancia del emprendimiento social como un medio efectivo para promover transformaciones benéficas en la sociedad y subraya la necesidad de un enfoque integral y creativo para abordar los desafíos asociados a esta área en constante evolución.

PALABRAS CLAVE: Bibliometría, Emprendimiento Social, Impacto, Indicadores.



Colaboración

María Ximena Vázquez Lara; María Guadalupe López Monterrubio; Francisca Hernández Ángel, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2023

ABSTRACT: The bibliometric study presented below examines the changes that the literature on Social Entrepreneurship has had, a branch of entrepreneurship that has become a powerful tool to promote changes in society. The fundamental objective of this research is to analyze the historical evolution, current trends and patterns in this specific area. This approach will allow not only to know the current state of the field, but also to project possible future solutions and areas of interest for research. For this, relevant definitions were examined and then trends associated with social entrepreneurship were identified. In addition, relevant indicators were searched in the WoS database, analyzing a total of 22,703 publications that cover the period 2000-2022, to represent these data graphically using the VOSviewer software. The results show how the relevance of social entrepreneurship has been increasing over the years, with a notable boom in 2017. Furthermore, the problems highlighted in the academic literature highlight the need to adopt innovative approaches and a holistic understanding to successfully address the complexity of social entrepreneurship in diverse contexts. In this way, this study highlights the importance of social entrepreneurship as an effective means of promoting beneficial transformations in society and underlines the need for a comprehensive and creative approach to address the challenges associated with this constantly evolving area.

KEY WORDS: Bibliometrics, Social Entrepreneurship, Impact, Indicators.

INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas ha sido una constante en la historia humana, impulsando la evolución y el progreso de la sociedad.

Desde tiempos remotos, los individuos han demostrado una capacidad innata para identificar desafíos en su entorno y convertirlos en oportunidades para el cambio y el impacto positivo. Este espíritu activo y audaz, arraigado en la esencia misma del ser humano, ha sido fundamental para el desarrollo de nuevas ideas y soluciones innovadoras, lo que le ha ganado a este tipo de personas el nombre de emprendedores [1].

El concepto de emprendimiento, aunque ancestral en su naturaleza, ha adquirido un significado renovado en la sociedad contemporánea, incluso numerosos autores lo consideran algo “innovador, nuevo y novedoso” [2]. Se le toma como un fenómeno que ha ganado gran fuerza y relevancia en la sociedad actual, más allá de la mera creación de empresas, el emprendimiento abarca una mentalidad, actitud y habilidades que permiten identificar oportunidades, asumir riesgos y materializar ideas en productos y servicios exitosos.

Dentro del mismo concepto de Emprendimiento se desprenden varios tipos que cuentan con diferentes enfoques y visiones, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de Emprendimiento

Tipo de emprendimiento	Descripción
Emprendimiento tecnológico	Todo aquel emprendimiento que construya su propuesta de valor en base a las tecnologías que desarrollan y sobre las que tienen derechos [3]
Emprendimiento verde	Los emprendimientos verdes se pueden entender como aquellos negocios que tienen como objetivo lograr el crecimiento económico haciendo un uso racional de los recursos naturales y evitando la contaminación [4]
Emprendimiento educativo.	Los emprendedores educativos se definen de manera bastante restrictiva como una rara especie de innovador cuyas características y actividades pueden llevar a la transformación, no simplemente a una ligera mejora, del sistema educativo público [5]
Emprendimiento de impacto medioambiental	Se define como una actividad empresarial proactiva que incorpora algún tipo de iniciativa para el bienestar ambiental [6]
Emprendimiento de economía emergente.	Se define como el emprendimiento en países que tienen tasas de crecimiento elevadas [6]
Emprendimiento artesano	Individuos que producen y venden productos o servicios que poseen un valor artístico distintivo debido a un alto grado de trabajo manual [6]

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, el emprendimiento se encuentra explorando diversas formas de innovación y desarrollo para enfrentar los desafíos contemporáneos. Es en este contexto que surge el Emprendimiento Social, destacándose como una poderosa herramienta para abordar los problemas sociales y fomentar un cambio positivo en la sociedad.

El emprendimiento social, en particular, destaca como una vanguardia en la transformación de la sociedad. Al fusionar enfoques empresariales con la búsqueda del bienestar común, los emprendedores sociales gene-

ran soluciones sostenibles con un impacto significativo en las comunidades. Su labor no solo beneficia a unos pocos, sino que tiene el potencial de transformar estructuras sociales y mejorar la vida de numerosos individuos.

De igual forma, hablamos de una alternativa innovadora y efectiva para tratar los retos sociales que existen y a los que nos enfrentamos día a día. A través de la aplicación de enfoques empresariales, los emprendedores sociales pueden generar soluciones sostenibles y escalables que tienen un efecto real en la vida de las personas y en el entorno en el que viven. Esto es especialmente relevante en un mundo donde los problemas sociales y ambientales están en constante evolución y requieren enfoques creativos y adaptativos. El emprendedor social cuenta con características diferentes a otro tipo de emprendedores, se considera como un agente de cambio, una persona que reconoce una oportunidad dentro de una problemática social [7].

Este enfoque, no solo aborda problemas sociales y ambientales, sino que también promueve la equidad y la inclusión. Al dar oportunidades a personas y comunidades marginadas, el emprendimiento social contribuye a construir una sociedad más justa y equitativa, donde todos alcancen su máximo potencial. Los emprendedores sociales se esfuerzan por disminuir la disparidad entre quienes tienen acceso a recursos y oportunidades y quienes no. Esto contribuye a construir una sociedad más equitativa y justa, donde todas las personas pueden desarrollar su potencial y mejorar sus circunstancias de vida.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio bibliométrico se realiza con datos sobre publicaciones y registro de citas en un periodo comprendido por los años de 2000 al 2022. Se muestra un análisis bibliométrico de varios artículos de divulgación científica sobre el tema de Emprendimiento Social, sobre los autores con más influencia en el tema, las publicaciones más relevantes, cuya importancia se mide por el número de citas y referencias que tiene en su historial, con la finalidad de analizar el crecimiento y el impacto del Emprendimiento Social en México y el Mundo.

Para abordar el tema, se llevó a cabo una revisión literaria de 22,703 artículos, en los cuales se identificaron conceptos de importancia para el estudio y posteriormente analizar la bibliografía de estos. La recopilación de datos se extrajo de la base de la Web of Science (WoS), debido a que, en la actualidad, recoge más de 10,000 revistas de investigación y 38 millones de registros [8]. Seguidamente, se realizó la búsqueda de los artículos bajo el título en idioma inglés “Social entrepreneurship”. La construcción de los nodos para el análisis visual y la representación de datos se construyó mediante el software VOSviewer.

Para obtener el primer indicador "Publicaciones por año a nivel mundial" se hizo un recuento sin filtrar de las publicaciones por año que realizaron diversos autores alrededor del mundo y en el indicador "Publicaciones por país" enumerando las publicaciones que tiene cada país; a fin de censar las "Publicaciones por autor a nivel mundial", "Publicaciones por año en México", "Publicaciones por afiliación de autores en México", "Publicaciones por autores mexicanos", "Publicaciones por tipo de documento" y "Artículos más citados" se filtraron por periodo de tiempo comprendido del año 2000 al año 2022.

Para determinar los datos considerados para el recuento y análisis, se siguió una serie de criterios e indicadores, para asegurar que estos sean claros y concisos, dichos parámetros e indicadores son los siguientes, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Criterios para la selección de publicaciones y parámetros de análisis.

Dimensiones	Parámetros
Base de datos	Web of Science
Periodo de tiempo	2000-2022
Fecha de búsqueda	Junio 2, 2023 y junio 27, 2023
Idioma	Inglés y español
Tipo de documento	Artículos
Campo de búsqueda	Título de la publicación
Término de búsqueda	"Social entrepreneurship"
Unidad de estudio	Países, Autores, Años, Documentos

Fuente: Elaboración propia.

En esta Tabla se recopila o se agrupan los datos sobre los parámetros a analizar que se obtienen a base de la investigación en la plataforma de base de datos Web Of Science [9,10].

RESULTADOS

En este estudio se utilizarán una serie de indicadores bibliométricos ampliamente reconocidos para analizar la producción científica en emprendimiento social. Estos indicadores incluirán, entre otros, las publicaciones que se han hecho por año, los autores que más han hecho artículos sobre el tema de emprendimiento social, artículos más citados, que países en el mundo son los que han tratado más este tema y dónde se encuentra México dentro de estos países. Al combinar estos indicadores, obtendremos una imagen integral de la investigación en emprendimiento social, permitiéndonos identificar tendencias, identificar líderes en el campo y evaluar el impacto de la investigación.

A continuación, se muestra en la Figura 1 que el interés por el emprendimiento social ha ido en aumento, es-

pecialmente del año 2017 al 2018 se ve un claro crecimiento sobre el número de artículos que se escribieron respecto al tema, podría deberse al aumento de la necesidad de buscar resolver dudas sobre el tema y la escasez de fuentes fiables de información.

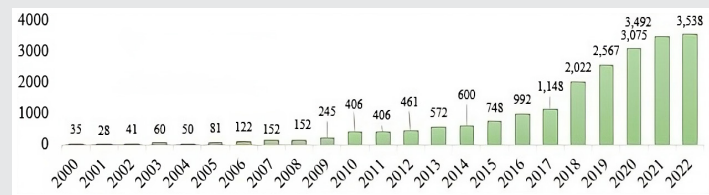


Figura 1. Cantidad de publicaciones que se realizaron por año a nivel mundial relacionadas con el tema Emprendimiento Social. Fuente: Elaboración propia.

En estos años se buscó cómo hacer información sobre Emprendimiento Social a las personas, siendo publicar artículos la manera fácil y frecuente en la que se ha hecho posible esto como se muestra en la Figura 2.

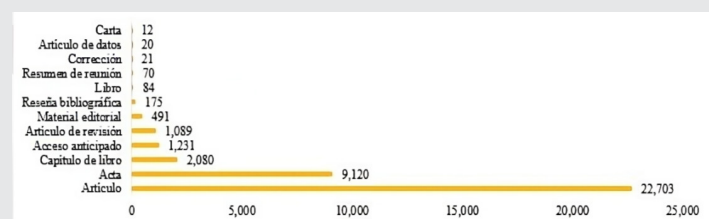


Figura 2. Tipos de texto que se utilizan para hablar sobre el Emprendimiento Social. Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó antes, los artículos son la forma más común de hacer información a las personas. Diversos autores a lo largo del mundo han contribuido con investigaciones que presentan los diferentes temas que el Emprendimiento Social abarca, muchos de ellos adentrándose en el tema más de una vez.

Si bien investigar, estudiar, escribir y dar a conocer sobre el tema es algo importante hoy en día también es importante que las aportaciones sean de ayuda a la sociedad. En la actualidad una forma en que los artículos y contribuciones pueden ser medidos es con la cantidad de citas que estos tienen y la cantidad de veces que se han usado como referencias para otras investigaciones o estudios, esto se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Autores con más artículos sobre el "Emprendimiento social a lo largo del mundo."

Autores	Publicaciones	Autores	Publicaciones	Autores	Publicaciones
Al Mamun A.	43	Audretsch D.	27	Mokdad A.	18
Kraus S.	40	Dana L.	26	Montebruno P.	17
Urbano D.	39	Brem A.	24	Aparicio S.	16
Hall C.	36	Anderson A.	23	Radfar A.	15
Williams C.	34	Abdallah S.	21	Blok V.	14
Jack S.	31	Shepherd D.	20	Ram M.	13
Guerrero M.	30	Bogers M.	19	Smith H.	12

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4 se observan los títulos de los artículos, sobre el “Emprendimiento social”, que han sido más citados y referenciados en los últimos años.

Tabla 4. Artículos más citados sobre Emprendimiento Social.

Artículo	Citaciones	Referencias
The impact of strategic focus on relational capital: A comparative study of family and non-family firms	11	157
Influence of perceived risk on entrepreneurial desirability and feasibility: multidimensional approach for nascent entrepreneurs	17	54
Sustainable Financing through Crowdfunding	22	70
The impact of corporate social responsibility on innovation is small and medium-sized enterprises: The mediating role of dept terms and human capital	24	194
Education and training in social entrepreneurship: characteristics and creation of sustainable social value in social entrepreneurship projects	25	29
Entrepreneurial university ecosystems and graduates' career patterbs: do entrepreneurship education programmes and university bussiness incubator matter?	25	87
The core components of education 4.0 in higher education: The engineering education	59	24
The 'Girl Effect' and martial arts: social entrepreneurship and sport, gender and development	88	46

Fuente: Elaboración propia.

Muchos de estos artículos provienen de diferentes partes del mundo, de diferentes países que tienen contextos muy distintos el uno del otro, de esa manera, en la Tabla 5 se realiza una comparativa y se observa la manera en la cual el Emprendimiento Social ha crecido en el mundo.

Tabla 5. Número de publicaciones en cada país a nivel mundial.

País	Publicaciones	País	Publicaciones
Estados Unidos	4,788	Suecia	820
China	3,253	India	655
Inglaterra	2,908	Grecia	501
España	1,260	Finlandia	497
Alemania	1,254	Dinamarca	487
Canadá	1,078	Rusia	474
Australia	1,058	Bélgica	456
Italia	96	Polonia	445
Países Bajos	892	Escocia	444
Francia	824	Malasia	426

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla anterior presenta los países que más han publicado artículos sobre el “Emprendimiento Social” en los últimos años. Dicha comparativa muestra cómo Estados Unidos lleva una ventaja grande en comparación, por ejemplo, de México.

Desafortunadamente en el anteriormente mencionado país, el tema de “Emprendimiento Social” es uno poco tratado y explorado; en la Figura 3 se puede apreciar la cantidad de artículos encontrados por autores mexicanos a través de los años.

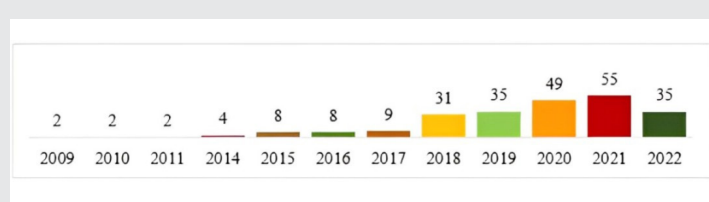


Figura 3. Cantidad de artículos sobre el Emprendimiento Social publicados en México.

Fuente: Molina Ríos, 2018.

Es claro que a partir del año 2017 al año 2018 hubo un gran incremento en la publicación de artículos sobre el tema y de ahí fue en aumento hasta el año 2021, después en el año 2022 hubo una baja muy marcada en el número de artículos publicados. Podría ser que las tendencias cambiaron de un año a otro o que el contexto del país también fuera diferente.

Sin embargo, como se muestra en la Tabla 6, existen personas e instituciones que pretenden cambiar esta situación. Existen varios autores mexicanos que, a su vez, pueden o no, estar afiliados a instituciones públicas o privadas que están investigando este tema y buscando la manera en que esta información pueda ser útil en la sociedad y en la economía del país.

Tabla 6. Autores mexicanos que han publicado sobre el “Emprendimiento social” entre los años 2009-2022.

Autor	Publicaciones
Navarro-Tuch S.	1
Maraboto J.	1
Fernandez-Laviada A.	1
Sanchez M.	1
Molina-Espinosa J.	1
Pasillas M.	1
Bustamante-Bello R.	1
Ilian V.	1
Ramirez-Montoya M.	1
Guerrero M.	1
Ramirez-Solis E.	1
Rios-Manriquez, M	1
Maldonado-Guzman G.	1
Rojas K.	1
Rosas-Fernandez J.	2

Fuente: Elaboración propia.

A través de la aplicación de indicadores bibliométricos, se puede analizar la producción científica, evaluar el impacto y explorar las tendencias en este campo. Los resultados obtenidos permitieron comprender mejor el panorama actual de la investigación en emprendimiento social y brindaron información valiosa para impulsar futuras investigaciones y acciones en este campo en constante evolución.

cerca en el mapa tienden a tener relaciones más estrechas en términos de co-aparición en los documentos, por ejemplo, la palabra "Emprendimiento" es la que resalta más en el mapa y está ligada a palabras como "impacto", "innovación", "rendimiento", entre otras. Esta proximidad puede revelar conexiones temáticas y conceptuales entre los términos clave, lo que permite identificar áreas de investigación interconectadas.

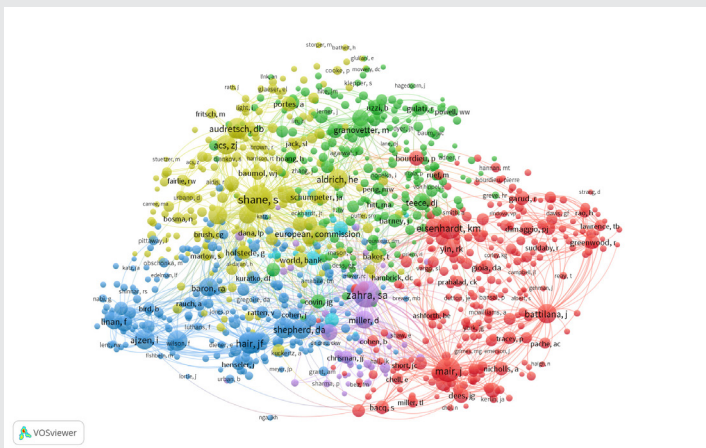


Figura 4. Citaciones de autores en el mundo representadas por una red del software VOSviewer.

Fuente: Elaboración propia.

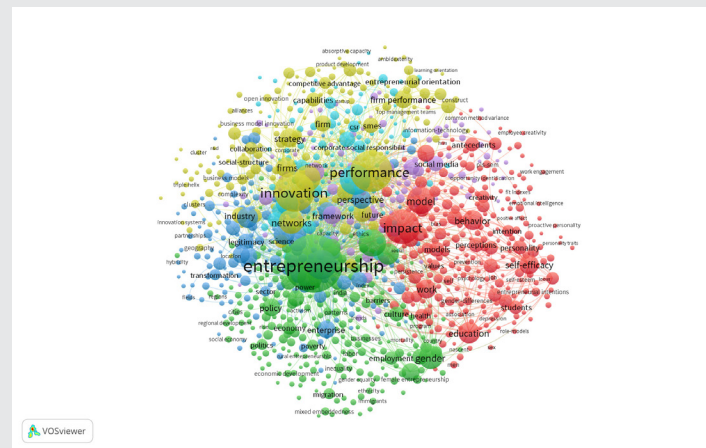


Figura 5. Coocurrencia de palabras clave en artículos sobre el Emprendimiento Social.

Fuente: Elaboración propia.

Se utilizó la herramienta VOSviewer que es de gran ayuda cuando se necesita visualizar datos de una manera más gráfica. Se usan burbujas en un mapa de visualización para entender de la mejor manera la forma en que se relacionan y se agrupan diferentes tipos de términos sobre los temas de una determinada investigación. Se observa que al cargar los datos en VOSviewer y obtener el mapa de visualización, las burbujas surgen en la pantalla, cada una representando un término clave específico sacado de las publicaciones científicas. Asimismo, en la Figura 4, el tamaño de cada burbuja puede indicar su importancia o frecuencia de aparición en los documentos.

Los nodos dentro de esta visualización representan de manera gráfica el total de citas que han tenido diversos autores en múltiples publicaciones sobre el Emprendimiento Social y proporciona una perspectiva sobre los patrones de citación en el ámbito de la investigación científica, examinando cómo varía el número de citas por autor y cómo se relacionan entre sí. La representación de esta red no solamente revela las tendencias de citación, sino que también apoya para la comprensión del valor que tienen los artículos de cada autor.

Se observa en la Figura 5, que la disposición de espacio de las burbujas en el mapa no es aleatoria; de hecho, refleja las relaciones entre los términos clave que son en este caso las palabras clave del tema de Emprendimiento Social. Las burbujas que están físicamente

Observar las burbujas y sus relaciones nos permite identificar patrones y tendencias en el campo de estudio. Los clústeres densos pueden indicar áreas de investigación bien establecidas y altamente relacionadas, mientras que las burbujas solitarias pueden representar conceptos más aislados o emergentes.

CONCLUSIONES

En la actualidad los estudios y análisis bibliométricos han sido una fuente de información confiable y muy utilizada al hablar de recopilación de datos, sobre todo con las grandes bases de datos que existen hoy en día y que se están actualizando de manera constante para poder ofrecer la información más reciente. Es gracias a estas bases que se tienen los recursos para conducir una investigación de una manera más formal, práctica y posible de una manera más fácil.

Este tipo de estudios bibliométricos permiten seguir las tendencias y la evolución de la investigación del emprendimiento social a lo largo de la historia. Con esto se puede notar qué áreas han ganado o perdido importancia y cuáles son las nuevas direcciones a seguir. Aquellas partes interesadas en este tema de investigación ya sean organizaciones gubernamentales, inversores y otro tipo de sectores pueden utilizar los datos obtenidos para poder tomar decisiones informadas y actualizadas sobre las estrategias más efectivas que se podrían seguir. Así mismo, para los investigadores y expertos, es una herramienta de ayuda para conocer

quiénes son las personas que están tocando estos temas y de ahí poder realizar colaboraciones o intercambiar conocimientos con contextos que podrían ser muy diferentes entre sí.

En conclusión, este tipo de estudios enfocados en el Emprendimiento Social, son esenciales para la comprensión de la forma en que este campo de estudio está actuando en los últimos años, tomar decisiones informadas, identificar oportunidades, fomentar las colaboraciones entre los círculos científicos y académicos y promover un impacto positivo tanto en la sociedad como en el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Roberts, D. y Woods, C. (2005). *Changing the world on a shoestring: The concept of social entrepreneurship*. *University of Auckland Business Review*, 7 (1), 45-51.

[2] Alzate Cardona, A. C. A. (2017, 30 noviembre). *Emprendimiento*. Recuperado de <https://digitk.areandina.edu.co/repositorio/handle/123456789/1207>.

[3] Doberti Zúñiga, R. M. (2020). *Brechas para el desarrollo de emprendimientos tecnológicos en Chile*.

[4] Potluri, S., & Phani, B. (2020). *Incentivizing green entrepreneurship: A proposed policy prescription (a study of entrepreneurial insights from an emerging economy perspective)*. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120843.

[5] Smith & Petersen (2006).

[6] Ratten, V. (2023). *Entrepreneurship: Definitions, opportunities, challenges, and future directions*. *Global Business and Organizational Excellence*, 42(5), 79-90. <https://doi.org/10.1002/joe.22217>.

[7] Melián, A. y Campos, V. *Emprendedurismo y economía social como mecanismos de inserción sociolaboral en tiempos de crisis*. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, 2010, pp. 43-67.

[8] Noblejas, C. J., & Rodríguez, A. P. (2014). *Recuperación y visualización de información en Web of Science y Scopus: una aproximación práctica*. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 28(64), 15-31.

[9] Minga López, D. M., Carrillo Cueva, C., & Flores Ruíz, D. (2022). *Emprendimiento social: un análisis bibliométrico y revisión de literatura*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8717027>.

[10] Rey-Martí, A., Soriano, D. R., & Palacios-Marqués, D. (2016). *A bibliometric analysis of social entrepreneurship*. *Journal of Business Research*, 69(5), 1651-1655. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.10.033>.



Calidad

y

Sistemas de Manufactura

Ingeniantes

Emprendimiento en egresados de una Universidad del sur de Tamaulipas



Colaboración

Diana Lizeth Carlin Calles; Francisco Heriberto Ramos Cervantes; Juana Elizabeth Medina Alvarez, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023

RESUMEN: El emprendimiento es una oportunidad para las personas que tienen iniciativa y decisión para establecer o desarrollar algún servicio o producto; teniendo en cuenta factores que influyen en el crecimiento mental dirigido hacia los emprendimientos desde su origen (inicio, desarrollo y cierre), y la habilidad para adaptarse a los cambios de la demanda del mercado. Ahora bien, el objetivo del presente trabajo se basa en fortalecer, ilustrar y dar a conocer la importancia del emprendimiento que surge en la Universidad Politécnica de Altamira, tomando como punto principal a los egresados de dicha institución, seguido del saber que provoca en dicha población el pensamiento de que el emprendimiento es importante, y con ello ubicar cuántos han sido emprendedores tras haberse graduado. El instrumento de medición que fue aplicado en base a variables que explican las capacidades, razones y necesidades de los emprendedores, tales como momento de inicio del emprendimiento, actividades económicas, cultura emprendedora, falta de capital, carrera y técnicas de emprendimiento, consta de 36 ítems. Gracias a la fiabilidad y validez del instrumento, obteniendo 0.924 de Alpha de Cronbach, se puede concluir que un porcentaje mínimo se encuentra interesado en el emprendimiento.

PALABRAS CLAVE: Actividades, Capital, Carrera, Cultura, Egresados, Emprendimiento y Técnicas.

ABSTRACT: Entrepreneurship is an opportunity for people who have initiative and decision to establish or develop a service or product; taking into account factors that influence the mental growth directed towards ventures from their origin (inception, development and closure), and the ability to adapt to changes in market demand. Now, the objective of this work is based on vitalizing, clarifying, and making known the entrepreneurship field that arises at the Polytechnic University of Altamira, taking as the main point the graduates of said institution, followed by the knowledge that it provokes in said population, the thought that entrepreneurship is important, and with this locate how many have been entrepreneurs after graduating. The measurement instrument that was applied based on variables that explain the capabilities, reasons and needs of entrepreneurs, stories such as the moment of start of entrepreneurship, economic activities, entrepreneurial culture, lack of capital, career, and entrepreneurship techniques, consisted of 36 items. Due to reliability and validity of the instrument, obtaining 0.924 Cronbach's Alpha, it can be concluded that a minimum percentage is interested in entrepreneurship.

KEYWORDS: Activities, Capital, Career, Culture, Entrepreneurship, Graduates and Techniques.

INTRODUCCIÓN

El emprendimiento ha sido considerado como un campo del estudio importante en los últimos años, pues el estudio de este ha ido incrementando de manera notable en distintas disciplinas, particularmente en áreas de negocios y ciencias sociales, abarcando ramas como lo son la administración, historia empresarial, finanzas y mercadotecnia [1].

En base y de acuerdo con la literatura que abarca el emprendimiento, este se ha centrado en temas como la creación de nuevas empresas, servicios o productos, el emprendedor y el uso

de redes sociales [2]. De igual manera se ha considerado dinámico y con ello dando origen a transformaciones de los negocios, así como el surgimiento de organizaciones y la mejor o profesionalización de negocios familiares [3].

También se han involucrado distintas facetas como lo son el descubrimiento, las evaluaciones y la exploración de ciertas oportunidades que pueden ser aprovechadas para la creación de proyectos de negocios nuevos [4]. Ahora bien, se tiene en cuenta que el emprendimiento se relaciona con la educación, jugando un papel importante en las universidades para la generación de nuevos negocios o empresas, centrándose el estudio en instituciones educativas de ingenierías. En este punto, los estudiantes aplican sus conocimientos técnicos adquiridos, los cuales ayudan a que estos logren convertirse en empresarios denominados técnicos [5].

Algunos autores definen el emprendimiento en base a distintos enfoques debido a su dinamismo. Principalmente en características propias de las personas como el optimismo, el entusiasmo y el carisma; fundamentales para desarrollar un liderazgo que guíe hacia el emprendimiento [6].

Posteriormente, desde un enfoque referente al tamaño de la empresa al considerar que el emprendimiento puede generarse en grandes, medianas y pequeñas empresas, tanto consolidadas como de creciente creación y puede considerarse importante para el crecimiento económico [7].

Desde un enfoque de autoempleo se considera que es el trabajo realizado por una persona, siendo objeto de análisis al describir ciertas características que lo llevan a querer emprender un negocio propio [8]. Y por último se tiene la perspectiva del innovador, que ha sido definido como un conjunto de renovación y esfuerzos con la toma de riesgos como una de sus características principales [9].

Es importante el emprendimiento basado en ideas innovadoras, propiciando una competencia en el mercado y con ello conduciendo a un crecimiento económico [10]. Ahora, se ha demostrado de manera empírica que, al ser integradas las ideas innovadoras, las empresas han conseguido aumentar la probabilidad del éxito en la comercialización de sus productos o servicios [11]. Es por ello que múltiples estudios analizan la relación entre el emprendimiento y la innovación para explicar el crecimiento económico de los países [12]. Este punto puede encontrarse a favor de los egresados puesto que podría ser utilizado como un punto de motivación.

Existen razones o circunstancias que permiten o no el desarrollo del emprendimiento en los jóvenes egresados de las instituciones de educación superior. Dentro de estas se encuentra el momento del inicio del emprendimiento en donde se toma en cuenta su entorno para cada una de sus necesidades y con ello el comienzo de dicho proyecto; Seguido de las actividades económicas, tomando en

cuenta en este punto, ¿cómo el egresado realiza actividades para así financiarse? [13].

La cultura emprendedora y la falta de capital son otras dos razones bastante importantes; la primera en base a la cultura que muchas veces inclusive viene de familia, rodeando de una cultura emprendedora, mientras que la segunda es una razón negativa bastante común al querer emprender con un negocio [14]. De igual forma, la carrera, en donde nos referimos al hecho de las habilidades que el egresado puede o debe adquirir ante su última etapa académica, donde inclusive muchas veces se puede desarrollar el gusto por el emprendimiento, y finalmente las técnicas de emprendimiento que no siempre suelen ser conocidas por todos aquellos que inician en el mundo del emprendimiento [15].

Ante lo anterior, resulta de suma importancia el promover en la comunidad estudiantil el hábito del emprendimiento pues con ello se estimula a los jóvenes universitarios a realizar actividades de este tipo puesto que el registro que se tiene de los egresados emprendedores es sumamente bajo, ya que la institución no ha fomentado dichas actividades en generaciones anteriores.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

Población

La población estudiantil de egresados de la Universidad Politécnica de Altamira ubicada en el sur de Tamaulipas repartidos entre las carreras de Ingeniería Industrial (II), Ingeniería en Energía (IE), Ingeniería en Tecnologías de la Información (ITI) e Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (IET) del 2017 al 2022 es de 1,094 como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Población del estudio.

Año	Número de egresados
2017	188
2018	194
2019	214
2020	190
2021	107
2022	201

Fuente: Elaboración propia.

Muestra

La muestra se obtuvo utilizando la técnica de muestreo no probabilístico y no aleatorio, también llamada muestreo por conveniencia debido a que es difícil generar contacto con los egresados por variadas situaciones a la hora de localizarlos; tales como: trabajo, cambio de correos, diferentes números telefónicos o simplemente se perdió contacto con ellos, obteniendo así muy pocas respuestas para po-

der llevar a cabo una muestra estadística. Se obtuvieron únicamente 108 respuestas de egresados de los últimos 5 años, dando como resultado que 28 de cada 108 alumnos son emprendedores.

Tabla 2. Descripción de las variables.

Variable	Confiabilidad
Inicio del emprendimiento	La actitud y factores tomados por parte del egresado universitario en su entorno diario para efectuar una conducta emprendedora en sus diferentes etapas de vida tomando en cuenta cada una de sus diferentes necesidades [13].
Actividades económicas	Las actividades por parte de los egresados para sustentar gastos del día a día y así mismo financiar su idea constante de crear un nuevo negocio, la disciplina de mantenerse en la rutina y hacer cualquier cosa para lograr un emprendimiento, venciendo así todas las dificultades como lo es la inserción laboral [13].
Cultura emprendedora	El conjunto de habilidades y principios desarrolladas en los diferentes contextos de vida como lo son la casa, la escuela, el trabajo, actividades recreativas y demás de cada egresado que permiten el pensamiento coherente y racional, que esta perseverante con la creación y el funcionamiento de un emprendimiento o innovación [14].
Falta de capital	La carencia financiera que tienen los egresados universitarios para sustentar la creación, innovación y desarrollo de su propio emprendimiento por falta de empleos, poca experiencia al salir de la universidad y el diario acortamiento de sueldos [14].
Carrera	Se refiere a las aptitudes que el egresado desarrolla como trabajo en equipo y liderazgo gracias al apoyo de estudiantes y docentes con cultura empresarial y educación financiera, transmitiendo así una motivación para los estudiantes que ven riesgoso el comenzar un proyecto desde cero [15].
Técnicas de emprendimiento	Es un conjunto de planeaciones y estrategias que brindan personas con un proyecto exitoso, formando diferentes percepciones para los futuros emprendedores, exponiendo dificultades y soluciones reales para diferentes situaciones dentro del emprendimiento, este grado de conducta emprendedora se fomenta y se apoyada en el entorno universitario por los mismos egresados con la finalidad de motivar a los estudiantes [15].

Fuente: Elaboración propia.

Instrumento de medición

El instrumento de medición utilizado para la recolección de datos fue una encuesta diseñada y administrada en Google Forms, obteniendo información demográfica como la edad, el sexo, si trabaja o no y año de conclusión de carrera. También se utilizó para obtener la identificación de los perfiles frente a la intención o acción de emprendi-

miento en los egresados, así como las diferentes razones que los llevaron a esa decisión. El instrumento consiste en 36 ítems, repartidos en 6 variables. La secuencia de las escalas se incluyó a partir de la revisión de literatura de diferentes autores, utilizados en la encuesta para obtener los datos necesarios se presentó de la siguiente forma: en primera instancia el inicio del emprendimiento (6 ítems), seguido de las actividades económicas (6 ítems), la cultura emprendedora (6 ítems), la falta de capital (6 ítems), la carrera (6 ítems) y por último, las técnicas del emprendimiento (6 ítems). En la Tabla 2 se muestra la descripción de las seis variables ya antes mencionadas.

Procedimiento

La encuesta fue aplicada por medio de un link que se les proporcionó a los egresados de la Universidad. El tratamiento de los datos obtenidos se llevó a cabo por medio del software estadístico SPSS Statistics. La fiabilidad se comprobó por medio del Alpha de Cronbach obteniendo un resultado de 0.924, lo cual representa una fiabilidad aceptable del instrumento.

RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo fueron sometidos a un análisis de fiabilidad de manera general e individual de cada componente, siendo el Alpha de Cronbach general de 0.924 como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Alpha de Cronbach general.

Variable	Alpha de Cronbach
General	0.924

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, los resultados por variable obtenidos en el muestreo, se encuentran por encima de la media. Inicio del emprendimiento obtuvo un resultado de 0.737, las actividades económicas un 0.791, la cultura emprendedora con el 0.888, seguido de la carrera con 0.890 y técnicas de emprendimiento con 0.948, mientras que la falta de capital fue el valor más bajo con 0.530.

Tabla 4. Estadísticos de prueba de ítems 1 y 2.

Variable	Alpha de Cronbach
Inicio del emprendimiento	0.737
Actividades económicas	0.791
Cultura emprendedora	0.888
Falta de capital	0.530
Carrera	0.890
Técnicas de emprendimiento	0.948

Fuente: Elaboración propia.

Ahora bien, los datos mencionados fueron testeados en un análisis factorial para la validación de los ítems y las variables con las que se trabajó habrían de ser las idóneas y con ello se observa que dichas dimensiones se correlacionan con la mayoría de los valores superiores a 0.5. (Tabla 5)

Tabla 5. Análisis factorial

Variable	Confiabilidad
Inicio del emprendimiento	
Ítem 1	0.798
Ítem 3	0.624
Ítem 4	0.677
Ítem 5	0.718
Ítem 6	0.627
Actividades económicas	
Ítem 7	0.644
Ítem 8	0.705
Ítem 9	0.713
Ítem 10	0.752
Ítem 11	0.892
Ítem 12	0.664
Cultura emprendedora	
Ítem 13	0.801
Ítem 14	0.833
Ítem 15	0.772
Ítem 16	0.564
Ítem 18	0.568
Falta de capital	
Ítem 19	0.754
Ítem 20	0.519
Ítem 21	0.515
Ítem 23	0.567
Ítem 24	0.627
Carrera	
Ítem 26	0.761
Ítem 27	0.729
Ítem 28	0.785
Ítem 29	0.801
Ítem 30	0.758
Técnicas de emprendimiento	
Ítem 31	0.822
Ítem 32	0.792
Ítem 33	0.609
Ítem 34	0.915
Ítem 35	0.760
Ítem 36	0.877

Fuente: Elaboración propia.

En los casos de los ítems 2, 17, 22 y 25, los cuales se encuentran por debajo de la media (0.5) no son válidos debido a su bajo valor en su respectiva variable por lo que se extrajeron.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se puede concluir la correlación entre las seis variables: Inicio del empen-

dimiento, actividades económicas, cultura emprendedora, falta de capital, carrera y técnicas de emprendimiento debido a los resultados arrojados por medio del software estadístico de SPSS, siendo la consistencia interna manejada de cada ítem mayor a 0.5, indicando la confiabilidad de todo el instrumento de medición.

Respecto a los resultados que se manejaron por medio del instrumento, se puede observar que en la Universidad existe baja promoción de la cultura emprendedora por parte de las autoridades, ya que aún no se cuenta con una incubadora y con ello la promoción de la cultura emprendedora o falta de conocimiento del tema en los estudiantes, siendo estas las principales causas de que los egresados de la institución tiendan poco al emprendedurismo.

Aunado a ello, se puede notar que las carreras que se ofrecen en la Universidad solamente cuentan con una o dos asignaturas que permiten al estudiante adquirir conocimientos de emprendimiento, como procesos, financiamiento y propiedad intelectual, siendo este el único enfoque del emprendimiento que se tiene hacia los alumnos, así con el involucramiento en estos temas, en pláticas y acercamiento con las autoridades correspondientes se ha mejorado en mínimo la cultura o conocimiento del tema.

Con estos resultados es importante que se tome con la seriedad necesaria el tema del emprendimiento en los estudiantes universitarios pues se tiene bien sabido que el emprendimiento es una buena oportunidad de negocios al ser egresado, siendo este un paso inicial en la innovación necesaria.

Finalmente, los resultados permiten sustentar programas de apoyo para los estudiantes que se encuentren dispuestos a iniciar un emprendimiento y con ello seguir emprendiendo al egresar de la universidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1] S. Shane y S. Venkataraman, "The promise of entrepreneurship as a field of research", en *Entrepreneurship: Concepts, Theory and Perspective*, 2007, pp. 171-184.

[2] H. A. Schildt, S. A. Zahra, y A. Sillanpää, "Scholarly communities in entrepreneurship research: A co-citation analysis", *Entrep. Theory Pract.*, vol. 30, núm. 3, pp. 399-415, 2006.

[3] H. Berghoff, "The End of Family Business? The Mittelstand and German Capitalism in Transition, 1949-2000", *Business History Review*, vol. 80, núm. 02, pp. 263-295, 2006.

[4] M. A. Hitt, R. D. Ireland, D. G. Sirmon, y C. A. Trahms, "Strategic entrepreneurship: Creating value for individuals, organizations, and society", *Acad. Manag. Perspect.*, vol. 25, núm. 2, pp. 57-75, 2011.

[5] D. R. Hay, "A Canadian university experience in technological innovation and entrepreneurship", *Technovation*, vol. 1, núm. 1, pp. 43-55, 1981.

[6] U. Witt, "Imagination and leadership - The neglected dimension of an evolutionary theory of the firm", *J. Econ. Behav. Organ.*, vol. 35, pp. 161-177, 1998.

[7] P. G. Klein, "Opportunity discovery, entrepreneurial action, and economic organization", *Strateg. Entrep. J.*, vol. 2, núm. 3, pp. 175-190, 2008.

[8] S. C. Parker, *The economics of self-employment and entrepreneurship*. 2004.

[9] T. C. Seborá y T. Theerapatvong, "Corporate entrepreneurship: A test of external and internal influences on managers' idea generation, risk taking, and proactiveness", *Int. Entrep. Manag. J.*, vol. 6, núm. 3, pp. 331-350, 2010.

[10] A. Van Stel, M. Carree, y R. Thurik, "The effect of entrepreneurial activity on national economic growth", *Small Bus. Econ.*, vol. 24, núm. 3, pp. 311-321, 2005.

[11] P. Braunerhjelm y R. Svensson, "The inventor's role: Was Schumpeter right?", *J. Evol. Econ.*, vol. 20, núm. 3, pp. 413-444, 2010.

[12] J. H. Block, C. O. Fisch, y M. van Praag, "The Schumpeterian entrepreneur: a review of the empirical evidence on the antecedents, behaviour and consequences of innovative entrepreneurship", *Ind. Innov.*, vol. 24, núm. 1, pp. 61-95, 2017.

[12] J. Á. A. Álvarez-Sampayo, J. E. González-Díaz y L. Vergara-Gómez, "El emprendimiento en la Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco 2006-2015", *Clio Am.*, vol. 10, n° 20, p. 126, diciembre de 2016.

[14] R. Oyarce, H. Muñoz, C. Rosa, Murga V., L. Nilton, C. Valqui, "Desarrollo de competencias personales y sociales para la inserción laboral de egresados universitarios", *Rev. Cienc. Soc.*, vol. 26, n° 2, 2020.

[15] S. Sigüenza Orellana, N. G. Álava-Atiencie, L. D. Pinos-Ramón y X. K. Peralta-Vallejo, "Percepción de estudiantes universitarios frente al ecosistema emprendedor y la intención emprendedora social", *Retos*, vol. 12, n° 24, pp. 248-266, septiembre de 2022.



Calidad

y

Sistemas de
Manufactura

Ingeniantes

Factores que influyen en el marketing con influyentes en redes sociales: Percepciones de estudiantes universitarios en el sur de Tamaulipas



Colaboración

Francisco Javier Méndez Pedraza; Grecia Darenny García López; Francisca Hernández Ángel, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 16 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 20 de diciembre de 2023

RESUMEN: La figura del influyente en redes sociales (IRS) ha cobrado especial relevancia debido a su capacidad de persuadir y conectar con el público. Las organizaciones han incorporado el marketing de IRS a su favor. El sur de Tamaulipas no ha sido ajeno a este fenómeno. Por lo tanto, la presente investigación tiene como objetivo estudiar las percepciones de los estudiantes universitarios de instituciones privadas situadas en esta zona hacia el marketing de IRS. A partir de la revisión de la literatura, se diseñó una encuesta estructurada en torno a seis factores identificados en la misma: actitud homofilia, confiabilidad, relación parasocial, intención de compra, atractivo físico y atractivo social. De las 92 respuestas obtenidas, se analizó la confiabilidad del instrumento con SPSS y se generaron gráficos descriptivos para validar los ítems del instrumento de medición por medio de un estudio factorial y determinar el Alfa de Cronbach. Adicionalmente, todos los factores presentaron valores superiores a 0.5, considerándolos aceptables, y el Alpha de Cronbach para cada factor estudiado también superó el 0.500, por lo que se concluye que la encuesta es confiable para su aplicación. Finalmente, los resultados señalan una percepción predominantemente favorable hacia los influyentes, impactando en las decisiones de compra.

PALABRAS CLAVE: Marketing, influencers, actitud homofilia, relación parasocial.

ABSTRACT: The figure of the influencer has taken on special relevance due to their ability to persuade and connect with the audience. Organizations, being aware of this potential, have adopted influencer marketing. The south of Tamaulipas has not been unfamiliar with this phenomenon. Therefore, this research aims to study the perceptions of university students from private institutions situated in the southern area of Tamaulipas towards influencer marketing. Based on the literature review, a survey was structured around six factors identified therein: homophily attitude, trustworthiness, parasocial relationship, purchase intention, physical attractiveness, and social attractiveness. From the 92 responses collected, the reliability of the instrument was analyzed using SPSS and descriptive charts were generated to validate the survey items through a factorial study and to ascertain Cronbach's Alpha. Additionally, all factors exhibited values exceeding 0.5, deemed acceptable, and the Cronbach's Alpha for each studied factor also surpassed 0.5, leading to the conclusion that the survey is reliable for use. Finally, the results indicate a predominantly positive perception towards influencers, influencing purchasing decisions.

KEYWORDS: Marketing, influencers, homophily attitude, parasocial relationship.

INTRODUCCIÓN

El principio del marketing posee una profunda base histórica. Varios expertos sostienen que las bases del marketing datan desde los inicios de la humanidad, siendo una pieza esencial de las actividades económicas de las civilizaciones [1]. No obstante, su análisis académico es relativamente reciente. Por otro lado, en cuanto al fenómeno de los IRS, tampoco es una novedad en el mundo del marketing. En los medios tradicionales, las celebridades han sido los principales influyentes en el comportamiento del consumidor desde hace mucho tiempo, mucho antes del boom de las redes sociales [2].

El marketing de IRS en redes sociales es parecido al respaldo clásico de celebridades en medios tradicionales, pero con la particularidad de que el contenido es el factor principal que impulsa las interacciones en las redes sociales [3]. Es importante destacar que el marketing de IRS no tiene nada que ver con el marketing y la comunicación masiva. En su lugar, su objetivo es llegar a los seguidores o posibles seguidores de un IRS en una red social específica para aumentar el conocimiento de la marca y guiar sus decisiones de compra [4]. De forma más precisa, el marketing de IRS se establece como la estrategia de emplear personas influyentes para impulsar la difusión de la marca y de los productos o servicios en un sector específico [5].

En los tiempos recientes, el marketing ha experimentado una transformación significativa con la irrupción de la publicidad en las redes sociales gracias a Internet. Con esta tendencia, las empresas están buscando la colaboración de los IRS de las redes sociales (SMIs) para ampliar el alcance de sus marcas y llegar a una audiencia más extensa. Este tipo de marketing es referido como marketing de IRS. El cual hace alusión a ciertas tácticas de marketing que involucran el apoyo, financiamiento o presentación de productos por parte de individuos u organizaciones con influencia en las redes sociales [6], [7].

El marketing de IRS está experimentando un aumento exponencial [4]. Esto debido a que las marcas y minoristas han reconocido que al colaborar con IRS en plataformas sociales, pueden impulsar la promoción de productos y facilitar la oportunidad de un amplio crecimiento viral [8]. Además, el empleo de estrategias de marketing con IRS y la alianza con ellos permite acceder a un público objetivo mayor, y, de hecho, a una mayor cantidad de posibles compradores de manera más auténtica, genuina y directa que con las estrategias de marketing convencionales [4].

En 2019, el marketing de IRS a nivel mundial alcanzó un valor de 148 millones de dólares, lo que supone un aumento aproximado del 8% respecto al año previo. Se proyecta que, en los siguientes seis años, esta cantidad ascienda a más de 373 millones de dólares [9]. Por otro lado, es importante tener presente que los IRS en las redes sociales son percibidos como individuos que poseen una opinión de extrema relevancia para sus seguidores en las plataformas donde tienen presencia [8].

Dado que cerca de la mitad de los miembros de las redes sociales no pueden distinguir cuando algún tipo de contenido es promocional y financiado por un tercero, es planteada la posibilidad de que los individuos sean excesivamente guiados por las estrategias promocionales de los IRS, las cuales perciben como contenido genuino sin intereses comerciales detrás [10].

Por tal motivo, el triunfo evidente de este tipo de marketing ha sido incluso sustentado al demostrar que promueve un nivel de autenticidad difícil de alcanzar para las técnicas publicitarias tradicionales [11]. De la misma manera, el nivel de compromiso con la audiencia es un poco más alto en el marketing de IRS que en los respaldos tradicionales de celebridades [12]. Por lo tanto, la confiabilidad está ligada a la percepción de honestidad del hablante [13], mientras que la buena voluntad se relaciona con el nivel de preocupación que se percibe por parte del hablante hacia su audiencia [14].

En cuanto a los IRS de redes sociales, estos son usuarios de estas plataformas que han construido una red significativa de seguidores al publicar contenido en las redes sociales [8]. Mismos que no se limitan a ser personalidades famosas [15]. Además, tienen la capacidad de fomentar una impresión renovada de la marca y lograr una representación adecuada para los comerciantes y minoristas [16].

Dicho de otra forma, los IRS actúan como intermediarios y tienen la habilidad de ejercer influencia en la predisposición de la audiencia mediante la participación de plataformas de redes sociales [17].

En consonancia con lo anterior, y fundamentándose en la teoría de la interacción parasocial y la teoría cognitiva social, las características de los IRS, como su credibilidad y la homofilia con su audiencia, les otorgan la capacidad de influir en la intención de compra de esa audiencia [14]. A pesar de que no se pueda establecer una comunicación auténtica con los IRS en contextos sociales, los consumidores los perciben como compañeros de conversación íntimos debido a la relación parasocial que establecen [18]. Esto se ve complementado con el hecho de que el contenido de marketing que logra conectar emocionalmente con la audiencia puede generar acciones y participación del cliente de manera efectiva [19].

En México, 1.9 millones de individuos impactan en las elecciones de compra de otros mediante las redes sociales [20]. Pese a esto, el marketing de IRS no es un tema de investigación común en México, los aspectos culturales y sociales del país inciden directamente en la percepción sobre la importancia de su estudio para analizar las variables que influyen en la intención de compra de los consumidores.

Por otra parte, conviene destacar que hasta la fecha no se ha llevado a cabo una investigación para determinar la influencia de los IRS en la zona sur del estado de Tamaulipas, lo cual representa una brecha de conocimiento importante en esta área de estudio.

Tomando lo anterior en consideración se plantean los siguientes objetivos: Estudiar las percepciones de los

estudiantes matriculados en programas académicos de nivel superior en instituciones de carácter privado ubicadas geográficamente en la zona sur de Tamaulipas, así como validar los ítems del instrumento de medición por medio de un estudio factorial y determinar el Alpha de Cronbach. Lo anterior, con el propósito de comprobar la hipótesis: La percepción que se tiene sobre los IRS es mayormente positiva entre los estudiantes universitarios de instituciones privadas en el sur de Tamaulipas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación tiene lugar en el sur de Tamaulipas, de forma más específica, en Altamira, dentro de una institución universitaria privada. La misma requirió una revisión exhaustiva de literatura y estudios previos en diversas bases de datos. Tras la recolección metódica de la información pertinente, se procedió a la elaboración del instrumento de medición, en esta instancia una encuesta. Dicho instrumento fue creado utilizando Google Forms y, posteriormente, se aplicó de manera presencial en las instituciones privadas. Es importante destacar que los seis factores incluidos en la encuesta (actitud homofilia, confiabilidad, relación parasocial, intención de compra, atractivo físico y atractivo social) se seleccionaron basándose en la literatura, siendo el más sobresaliente "Impacts of influencer attributes on purchase intentions in social media influencer marketing: Mediating roles of characterizations" por Hisashi Masuda.

También, es relevante clarificar el significado de cada factor. Primero, la actitud homofilia guarda estrecha relación a lo que se considera parecido y se sustenta en el principio de que los individuos con afinidades parecidas tienden a relacionarse más entre sí que las personas con características diferentes [21]. Seguido de eso, la confiabilidad refleja en que medida el público considera lo dicho por quien emite el mensaje como aceptable [14].

Luego, la relación parasocial se refiere al punto en el cual se toma una falsa sensación de una conexión cercana como una totalmente genuina [22]. Posteriormente, la intención de compra denota la disposición de los consumidores a tener una intención o estén abiertos a adquirir un producto o servicio particular en un momento posterior [23]. Después, el atractivo social implica la habilidad de los IRS de generar un sentimiento de simpatía emocional en aquellos que les siguen, trascendiendo la mera obtención de "me gusta" en un espacio de socialización en línea [24]. Finalmente, respecto a la variable atractivo físico, se relaciona con la aceptación social resultado de las características físicas de una persona [25].

Prosiguiendo con un aspecto diferente, en lo respectivo a la población, los sujetos de estudio pertenecen a instituciones particulares localizadas en el sur del estado de Tamaulipas. En adición, de acuerdo al anuario estadístico de la población escolar en educación superior proporcionado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES) la matrícula

la total del ciclo 2021-2022 en instituciones particulares en Tamaulipas la conforman 56,668 estudiantes, de los cuales 17,730 se encuentran distribuidos en el sur del estado, por su parte Altamira cuenta con 2,805 estudiantes, Ciudad Madero con 1,014 y Tampico alberga a 13,911.

Por otra parte, en lo que concierne a la muestra, para esta investigación se cuenta con una muestra por conveniencia, teniendo como resultado un total de 92 encuestas, tomando en cuenta universidades de nivel socioeconómico alto para este estudio exploratorio. Por otro lado, al hacer uso de una encuesta para la recopilación de información fueron obtenidos datos relativos al género, orientación sexual, edad, estado civil, carrera, plan de estudios, situación laboral y municipio.

La encuesta está compuesta por 47 ítems. En primer lugar, se incluyeron 8 ítems del factor "actitud homofilia". A continuación, 9 ítems relacionados con el factor "confiabilidad", 8 ítems asociados al factor "relación parasocial", 8 ítems del factor "intención de compra", 7 ítems del factor "atractivo físico" y, finalmente, 7 ítems correspondientes a "atractivo social". Por su lado, se aplicó una escala tipo Likert de 5 puntos para presentar las opciones de respuesta, en donde 1 significa totalmente en desacuerdo y 5 corresponde a totalmente de acuerdo.

Una vez recopilada la información de la encuesta, se organizó en celdas de Excel para su codificación. Posteriormente, los datos se introdujeron al software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) para la obtención de resultados que permitieron concluir favorablemente el trabajo de investigación, esto al calcularse el coeficiente Alfa de Cronbach, al validar los ítems del instrumento de medición por medio de un estudio factorial y al generar los gráficos descriptivos que proporcionen una visión más detallada en relación con los datos demográficos de los encuestados y su percepción hacia el marketing de IRS.

RESULTADOS

Inicialmente, se calculó el Alpha de Cronbach para evaluar la confiabilidad de los ítems en el instrumento de medición y se llevó a cabo un análisis factorial con SPSS. Posteriormente, en lo referente al cálculo del Alpha de Cronbach tomando en consideración los 47 ítems que forman parte de la encuesta se obtuvo como resultado que este se encuentra en 0.983, lo cual nos indica un buen nivel de fiabilidad. Esto puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1. Alpha de Cronbach de la totalidad de ítems.

Alpha de Cronbach	Número de ítems
0.983	47

Luego, al realizar el cálculo del Alpha de Cronbach y el análisis factorial del primer factor (actitud homofilia), se encuentra que los valores de los ítems se encuentran por encima de 0.500 y son confiables, tal y como es mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Actitud homofilia.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
HOMOF1	0.787	0.942
HOMOF2	0.750	
HOMOF3	0.811	
HOMOF4	0.695	
HOMOF5	0.741	
HOMOF6	0.680	
HOMOF7	0.691	
HOMOF8	0.587	

En segundo lugar, al calcular el Alpha de Cronbach del factor: Confiabilidad, mismo que consta de 9 ítems, el resultado obtenido es de 0.939. Se muestra en la Tabla 3. De igual forma, ninguno de los ítems presenta un valor inferior a 0.500, siendo así, no es necesaria la eliminación de ninguno de ellos.

Tabla 3. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Confiabilidad.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
CONF1	0.745	0.939
CONF2	0.786	
CONF3	0.750	
CONF4	0.780	
CONF5	0.765	
CONF6	0.522	
CONF7	0.650	
CONF8	0.536	
CONF9	0.574	

En tercer lugar, el cálculo del Alpha de Cronbach del factor: Relación parasocial, mismo que consta de 8 ítems, tuvo como resultado un Alpha de Cronbach de 0.940. Como se muestra en la Tabla 4, ningún ítem resultó con un valor debajo de 0.500, por consiguiente, ningún ítem fue eliminado.

Tabla 4. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Relación parasocial.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
RELP1	0.694	0.940
RELP2	0.764	
RELP3	0.738	
RELP4	0.796	
RELP5	0.632	
RELP6	0.688	
RELP7	0.721	
RELP8	0.629	

Siguiendo esta línea, el resultado del Alpha de Cronbach para el factor: Intención de compra fue de 0.969, tal y como se muestra en la Tabla 5, manteniéndose perfectamente dentro del rango de buena confiabilidad, pues es un valor muy cercano a 1. Por otra parte, ningún ítem presenta valores menores a 0.500, por tal motivo, se conservan los 8 ítems que conforman este factor.

Tabla 5. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Intención de compra.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
INTC1	0.862	0.969
INTC2	0.903	
INTC3	0.879	
INTC4	0.880	
INTC5	0.779	
INTC6	0.819	
INTC7	0.794	
INTC8	0.684	

Por otro lado, al calcular el Alpha de Cronbach para el factor: Atractivo físico, mismo que posee 7 ítems, se obtiene un valor de 0.950, esto puede ser visualizado en la Tabla 6, además, de forma positiva los ítems tienen valores superiores a 0.500 y no se considera la eliminación de ninguno.

Tabla 6. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Atractivo físico.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
ATRF1	0.797	0.950
ATRF2	0.777	
ATRF3	0.697	
ATRF4	0.861	
ATRF5	0.781	
ATRF6	0.759	
ATRF7	0.736	

Finalmente, el resultado del Alpha de Cronbach para el factor: Atractivo social fue de 0.981. Esto se muestra en la Tabla 7, siendo el factor con el valor más cercano a 1.

Más tarde, con la ayuda de SPSS, se produjeron gráficos descriptivos para ofrecer una perspectiva más concreta sobre las particularidades de los participantes. De forma preliminar, es esencial resaltar que, como se puede apreciar en la Figura 1, los encuestados que se identifican como hombres constituyen una proporción mayoritaria del total, representando el 55.43%, en

contraste con el 43.48% correspondiente a las personas que se identifican como mujeres. Por otra parte, solo el 1.09% de las personas encuestadas se identifican con otro género.

Tabla 7. Alpha de Cronbach y confiabilidad del factor: Atractivo social.

Ítem	Confiabilidad	Alpha de Cronbach
ATRS1	0.877	0.981
ATRS2	0.819	
ATRS3	0.922	
ATRS4	0.919	
ATRS5	0.893	
ATRS6	0.938	
ATRS7	0.916	

Por otro lado, respecto a la formación académica de los encuestados, se tuvo la participación de estudiantes de áreas de negocios e ingeniería. En ingeniería, se incluyeron alumnos de mecatrónica, ingeniería química, ingeniería industrial y de sistemas, ingeniería en nanotecnología, ingeniería en biotecnología, ingeniería en tecnologías computacionales, ingeniería en ciencia de datos y matemáticas e ingeniería civil. En el área de negocios, los estudiantes pertenecían a carreras de licenciatura como estrategia y transformación de negocios, negocios internacionales y finanzas, tal y como se ilustra en la Figura 2.

Tal y como se puede observar los estudiantes pertenecientes al área de ingeniería tuvieron el mayor porcentaje de participación en la encuesta.

Proporción de género en las respuestas de la encuesta

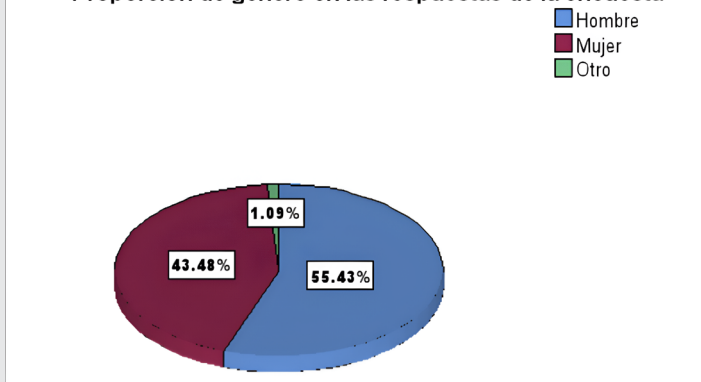


Figura 1. Participación en la encuesta: Comparación por género. Fuente: Elaboración propia.

Aoyo la idea de que el influencer es competente para hacer afirmaciones sobre cosas en las que es bueno

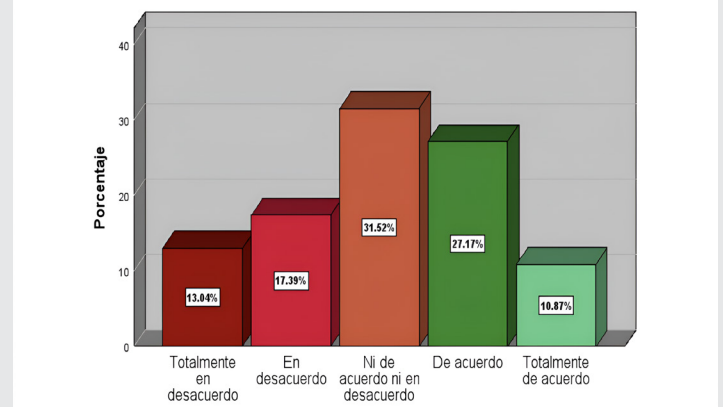


Figura 3. Resultados del tercer ítem perteneciente al factor: Confiabilidad. Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, los hallazgos del estudio ofrecen perspectivas interesantes. Un 38.04% de los encuestados percibe a los IRS como figuras confiables y competentes en sus respectivas áreas (esto se muestra en la Figura 3).

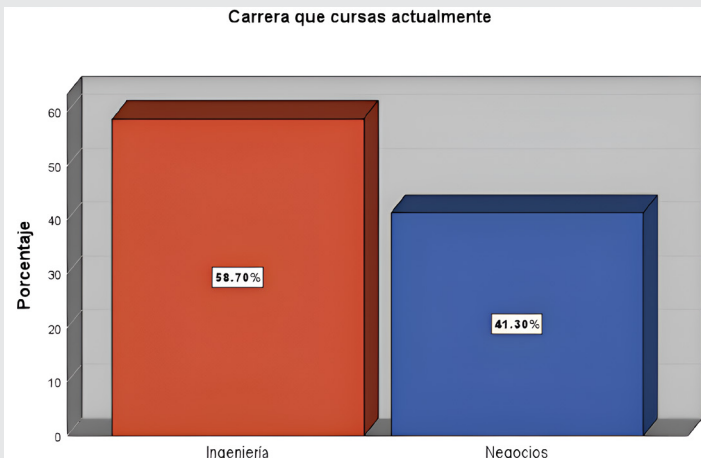


Figura 2. Campo académico de la carrera de los participantes. Fuente: Elaboración propia.

Mi intención de comprar un producto aumentó después de ver a un influencer recomendarlo en las redes sociales

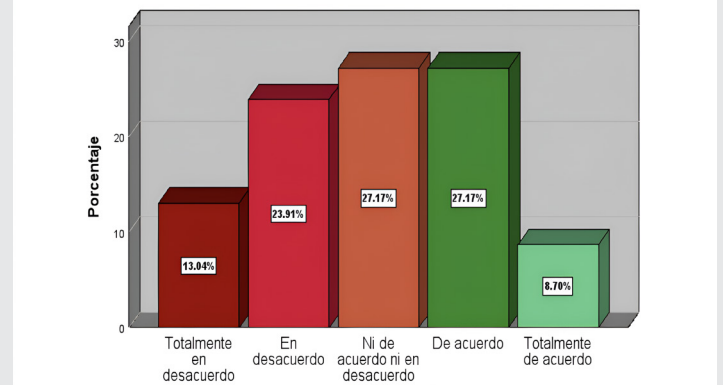


Figura 4. Resultados del segundo ítem perteneciente al factor: Intención de compra. Fuente: Elaboración propia.

Se menciona a partir de que la suma de los porcentajes de la opción de “De acuerdo” y de “Totalmente de acuerdo” da el total mencionado. Mientras que el 35.87% señaló que su intención de compra aumentó después de ver a un IRS promocionar un producto, esto es presentado en la Figura 4.

CONCLUSIONES

A modo de cierre, tal y como se abordó a lo largo de la investigación existe suficiente evidencia que respalda la afirmación de que los IRS desempeñan un papel de gran importancia en el panorama del marketing contemporáneo, pues son capaces de lograr una conexión profunda, aun sin un contacto personal directo, a grado tal que los consumidores tienen la sensación de haber formado un vínculo que se siente auténtico. Este fenómeno se encuentra referido como relación parasocial y emerge como un aspecto crucial en la interacción entre los IRS y los consumidores, trazando un entorno en el cual la influencia y la autenticidad convergen de manera excepcional.

Por otra parte, los aspectos que influyen en la percepción de los consumidores no se limitan a la relación parasocial, de hecho, van desde la actitud homofilia y la confiabilidad percibida hasta el atractivo físico y social. Así pues, la percepción de diversos elementos del marketing de IRS, incluyendo a los propios IRS, guarda estrecha relación con conceptos socialmente contruidos tales como el de la belleza, y también abarca la capacidad para generar un sentimiento de simpatía emocional y la cualidad de ser visto como merecedor de confianza.

Posteriormente, en base a los resultados obtenidos de la aplicación de encuestas a los estudiantes universitarios de instituciones privadas en la zona sur de Tamaulipas, se puede declarar que en cuanto a la percepción que se tiene hacia los IRS, esta es mayormente positiva, al grado de influir en la intención de compra y lograr una conexión que pasa por auténtica.

Por último, lo anterior destaca el notable éxito del marketing de IRS, indicando que es un área en pleno ascenso con influencia considerable. Por ende, se requiere que se estudie a mayor profundidad. Asimismo, confiamos en que la presente información resulte valiosa para investigaciones futuras en el campo correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA

[1] T. Russell, R. Lane, y K. Whitehill. (1994). *Publicidad. Journal of Advertising Research*.

[2] B. Z. Erdogan. (1994). *Celebrity endorsement: A literature review. Journal of Marketing Management*, 15(4), 291-314.

[3] Lou, C., y Kim, H.K. (2019). *Fancying the new rich and famous? Explicating the roles of in-*

fluencer content, credibility, and parental mediation in adolescents' parasocial relationship, materialism, and purchase intentions. Frontiers in Psychology. 10, 2567. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02567>.

[4] Lou, C., y Yuan, S. (2019). *Influencer Marketing: How message value and credibility affect consumer trust of branded content on social media. Journal of Interactive Advertising*, 19(1), 58-73. <https://doi.org/10.1080/15252019.2018.1533501>.

[5] Thorne, L. (2008). *Word-of-Mouth advertising, online and off: How to spark buzz, excitement, and free publicity for your business or organization with little or no money*. Ocala, FL: Atlantic Publishing Company.

[6] Breves, P. L., Liebers, N., Abt, M., y Kunze, A. (2019). *The perceived fit between Instagram influencers and the endorsed brand. Journal of Advertising Research*, 59(4), 440-454. <https://doi.org/10.2501/jar-2019-030>.

[7] Kay, S., Mulcahy, R., y Parkinson, J. (2020). *When less is more: The impact of macro and micro social media influencers' disclosure. Journal of Marketing Management*, 36(3-4), 248-278. <https://doi.org/10.1080/0267257X.2020.1718740>.

[8] De Veirman, M., Cauberghe, V., y Hudders, L. (2017). *Marketing through Instagram influencers: the impact of number of followers and product divergence on brand attitude. International Journal of Advertising*, 36(5), 798-828. <https://doi.org/10.1080/02650487.2017.1348035>.

[9] Bu, Y., Parkinson, J., y Thaichon, P. (2022). *Influencer marketing: Homophily, customer value co-creation behaviour and purchase intention. Journal of Retailing and Consumer Services*, 66, 102904. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102904>.

[10] Sterling, G. (2017, 26 de octubre). *Survey: Most consumers unaware that paid influencer posts are #ads. De la página electrónica: https://martech.org/survey-consumers-unaware-paid-influencer-posts-ads/*.

[11] Sudha, M., & Sheena, K. (2017). *Impact of influencers in consumer decision process: the fashion industry. SCMS Journal of Indian Management*, 14(3), 14-30.

[12] Arora, A., Bansal, S., Kandpal, C., Aswani, R., y Dwivedi, Y. (2019). *Measuring social media influencer index- insights from Facebook, Twitter and Instagram. Journal of Retailing and Consumer*

- Services, 49, 86–101. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.03.012>.
- [13] Sternthal, B., Dholakia, R., y Leavitt, C. (1978). The persuasive effect of source credibility: Tests of cognitive response. *Journal of Consumer Research*, 4(4), 252–260. <https://doi.org/10.1086/208704>.
- [14] Sokolova, K., y Kefi, H. (2020). Instagram and YouTube bloggers promote it, why should I buy? How credibility and parasocial interaction influence purchase intentions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 53, 101742. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2019.01.011>.
- [15] Childers, C. C., Lemon, L. L., y Hoy, M. G. (2019). Agency perspective on influencer marketing campaigns. *Journal of Current Issues & Research in Advertising*, 40(3), 258–274. <https://doi.org/10.1080/10641734.2018.1521113>.
- [16] Lee, J. E., y Watkins, B. (2016). YouTube vloggers' influence on consumer luxury brand perceptions and intentions. *Journal of Business Research*, 69(12), 5753–5760. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.171>.
- [17] Jarrar, Y., Awobamise, A. O., y Aderibigbe, A. A. (2020). Effectiveness of influencer marketing vs social media sponsored advertising. *Utopia y Praxis Latinoamericana*, 25(Esp.12), 40–54. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4280084>.
- [18] Horton, D., y Wohl, R. R. (1956). Mass communication and para-social interaction. *Psychiatry*, 19(3), 215–229. <https://doi.org/10.1080/00332747.1956.11023049>.
- [19] Xu, X. (2020). Examining the role of emotion in online consumer reviews of various attributes in the surprise box shopping model. *Decision Support Systems*, 136, 113344. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113344>.
- [20] El Financiero. (2023, 14 de marzo). 'Me sorprende': Influencers en México valen hasta 240 mdd. De la página electrónica: <https://www.elfinanciero.com.mx/empresas/2023/03/14/influencers-mexicanos-el-negocio-que-vale-mas-de-240-mdd/>.
- [21] Mcpherson, M., Smith-Lovin, L., y Cook, J. M. (2001). Birds of a feather: Homophily in social networks. *Annual Review of Sociology*, 27 (1), 415–444. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.27.1.415>.
- [22] Dibble, J. L., Hartmann, T., y Rosaen, S. F. (2016). Parasocial interaction and parasocial relationship: Conceptual clarification and a critical assessment of measures. *Human Communication Research*, 42(1), 21–44. <https://doi.org/10.1111/hcre.12063>.
- [23] Wu, P. C. S., Yeh, G. Y. Y., y Hsiao, C. R. (2011). The effect of store image and service quality on brand image and purchase intention for private label brands. *Australasian Marketing Journal*, 19(1), 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2010.11.001>.
- [24] Masuda, H., Han, S. H., y Lee, J. (2022). Impacts of influencer attributes on purchase intentions in social media influencer marketing: Mediating roles of characterizations. *Technological Forecasting and Social Change*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121246>.
- [25] Berscheid, E., y Walster, E. (1974). Physical attractiveness. En L. Berkowitz (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (Vol. 7, pp. 157–215). New York: Academic Press.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Estudio teórico sobre las características, los impactos negativos y los usos alternativos del Lirio Acuático (*Eichhornia Crassipes*)



Colaboración

Martha Paulina Sosa Reyes; Leslie Valeria García Arteaga; Francisca Hernández Angel, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023

RESUMEN: El Lirio Acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta flotadora, la cual se considera una de las cien malezas más invasoras del mundo. Esto se debe a su alto nivel de proliferación y a los impactos negativos que produce en los ecosistemas que invade. En el presente trabajo se analizan las características, los impactos negativos, los métodos de control y los usos alternativos de la planta. Para ello se llevó a cabo una investigación cualitativa enfocada en una revisión de literatura descriptiva y documental, en la cual se analizaron diecinueve artículos de investigación extraídos de cuatro bases de datos (Google Académico, Scielo, Dialnet y la Web of Science) los cuales abarcan del año 2018 a 2022. Los resultados de este estudio muestran que es un tema de interés actual que está incrementando en los años recientes y además tiene el potencial de generar nuevas líneas de investigación enfocadas a las alternativas de aprovechamiento sustentable que pueden convertirse en nuevos métodos para controlar la plaga de lirio y minimizar sus efectos nocivos al medioambiente.

PALABRAS CLAVE: Características, *Eichhornia Crassipes*, Impactos negativos, Lirio Acuático, Métodos de Control, Plaga Invasora, Usos Alternativos.

ABSTRACT: The Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is a floating plant considered one of the hundred most invasive weeds in the world. This is due to its high proliferation rate and the negative impacts it produces on the ecosystems it invades. This work analyzes the characteristics, negative impacts, control methods, and alternative uses of the plant. A qualitative research was carried out focused on a review of descriptive and documentary literature, in which nineteen research articles were analyzed extracted from four databases (Google Scholar, Scielo, Dialnet, and the Web of Science) which cover the years 2018 to 2022. The results of this study show that it is a current topic of interest that is increasing in recent years and also has the potential to generate new research lines focused on sustainable use alternatives that can become new methods to control the water hyacinth plague and minimize its harmful effects on the environment.

KEYWORDS: Characteristics, *Eichhornia Crassipes*, Negative Impacts, Water Lily, Control Methods, Invasive Pest, Alternative Uses.

INTRODUCCIÓN

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), nativo de Brasil y de países centroamericanos, es una planta flotante e hidrófita de la familia Pontederiaceae. De esta planta existen al menos unas siete especies; su morfología es muy característica, pues posee unas hojas de forma circular a ovalada, con flores entre tonos de color lila y azul [1]. Esta planta existe mayormente en regiones tropicales o subtropicales sin embargo debido a su adaptabilidad esta se ha llegado a extender en diversas partes del mundo hasta el punto de considerarla una plaga, ya que afecta a una gran variedad de ecosistemas [2].

Para el año 1948, se había extendido en muchas regiones de América del Sur y Centroamérica y en países como Australia, China, India, Japón y Sudáfrica, territorios que cuentan con climas que favorecen su crecimiento [3]. Cabe destacar que desde años atrás ya se notaba el impacto negativo que causa esta maleza. Un ejemplo claro de esto fue en Bengala Occidental, la planta era una amenaza para la agricultura, pesca, salud y saneamiento de las comunidades rurales que vivían ahí. Fue por ello que el departamento de agricultura de ese país intentó erradicar sin éxito esta maleza. Debido a esto se propuso usar el lirio como abono, una alternativa de aprovechamiento que permitía cubrir la deficiencia de nitrógeno de los suelos de esa zona, sin embargo, todavía no había suficientes estudios sobre el tema [4].

Aunque es cierto que en su hábitat natural esta planta es necesaria para proveer refugio y zonas de alimentación a la fauna acuática, en grandes cantidades se vuelve una plaga debido a los impactos negativos que causa en los ecosistemas que invade [5]. Por un lado, se considera que el Lirio Acuático (LA) acarrea problemas ecológicos, ambientales y económicos. Por otra parte, tiene mucho potencial de aprovechamiento pues ha servido como fitorremediador, entre otros [2]. Por todo esto, este tema de investigación es de interés actual pues las investigaciones realizadas podrían tener un impacto en la reducción de la plaga de esta maleza o en la reducción de sus efectos nocivos al medioambiente. Es por eso que en este estudio teórico se analizarán exhaustivamente las características del lirio acuático, la problemática global y en México que existe, los impactos nocivos que causa, los métodos de control existentes y las alternativas de aprovechamiento que se han investigado.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente investigación es un estudio teórico, pues tiene un enfoque cualitativo debido a que muestra las características de dicho enfoque. Tales como un enfoque inductivo, datos descriptivos y un proceso de investigación flexible [6]. En el estudio la revisión de literatura desempeña un papel protagónico en todas las etapas que se desempeñaron. Las cuales se representan en la Figura 1 mostrada a continuación:

La etapa de planeación consiste en la conceptualización de la idea y la definición de los términos de búsqueda. Después la etapa de la problemática como su nombre lo indica es la definición del problema que se pretende abordar en el estudio, el cual puede modificarse al avanzar la revisión de la literatura. La definición del objetivo es fundamental en la investigación pues esto denota el rumbo que tomará el trabajo, sin embargo, este también puede ser modificado por la literatura encontrada. De igual manera la metodología describe los pasos a seguir y es útil para formalizar el estudio y su credibilidad.

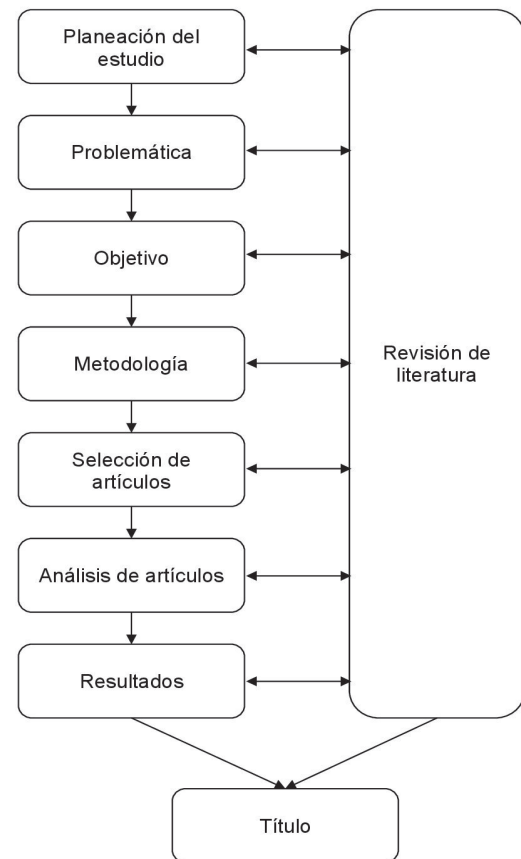


Figura 1. Representación gráfica de la metodología cualitativa en estudio teórico.

Fuente: Elaboración propia a partir de literatura.

Las siguientes etapas de selección y análisis de los artículos se muestran en la Figura 2 presentada a continuación:

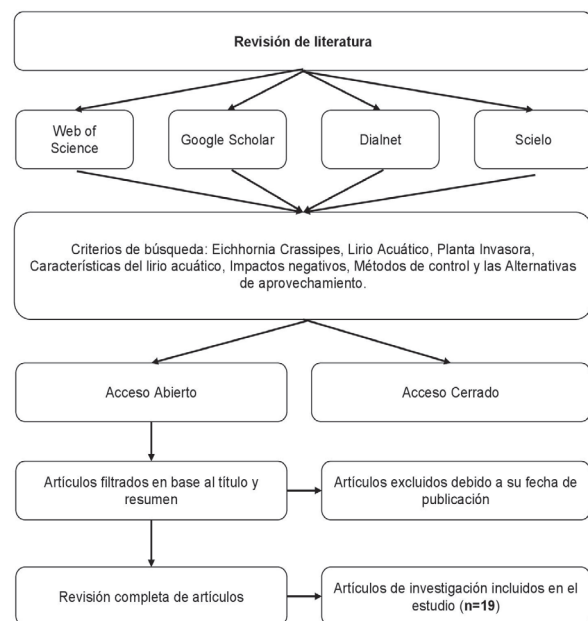


Figura 2. Descripción gráfica de la metodología seguida.

Fuente: Elaboración propia a partir de literatura.

Tal y como muestra en la Figura anterior, la revisión bibliográfica inició con la búsqueda en 4 bases de datos que se tuvieron a disposición, la mayoría de ellas gratuitas; de las cuales se extrajeron 7 referencias de Google Académico, 4 de Scielo, 4 de Dialnet y 5 de Web of Science, dando un total de 20 artículos, de los cuales uno fue para la justificación de la metodología cualitativa, es por ello que se excluyó en la Figura 2.

La información obtenida por dichas bases de datos consistió en artículos publicados en un intervalo de 5 años (2018 a 2022) con el propósito de recabar información reciente y actualizada, lo que a su vez tuvo cierto nivel de dificultad dado que en esos años se registró un número relativamente bajo en los criterios a evaluar en las bases de datos gratuitas y en los artículos de acceso abierto. Sin embargo, sólo se categorizaron los artículos que se pudieron conseguir de forma gratuita debido a las limitaciones que existen por las bases de datos que requieren una remuneración monetaria por el acceso a los artículos científicos [7]. Con la excepción de que se tomaron en cuenta artículos que no están en el intervalo de tiempo requerido si se determinó que eran las primeras investigaciones originales que se habían realizado sobre este tema.

La selección de artículos científicos se basó en los criterios de evaluación definidos al inicio del estudio, los cuales refieren a las características del lirio acuático, los impactos negativos que causa, los métodos de control que existen y las alternativas de aprovechamiento del lirio. Con los diecinueve artículos escogidos se elaboró una base de datos y se desarrolló un tratamiento de datos textuales la cual facilitó la redacción de la investigación. La revisión de literatura tiene un enfoque deductivo pues se investigó de forma general o global hasta llegar a lo particular.

Algunos de los descubrimientos realizados de esta revisión bibliográfica se muestran a continuación.

RESULTADOS

Reproducción

Se puede decir que el LA es una especie que presenta un rápido crecimiento debido a que se sabe que se ha extendido en varias partes del mundo, esta planta tiene la habilidad de desarrollarse en aguas con un alto contenido de nutrientes, debido a esto se puede saber que el LA crecerá a una mayor velocidad [5]. Es una planta capaz de duplicar su población en un corto periodo de tiempo. La reproducción del lirio se puede generar de dos maneras en la que puede ser por medios vegetativos que es a través de la generación de estolones, otra de ellas es la reproducción sexual la cual inicia mediante semillas con la habilidad de permanecer en el agua durante seis años [1].

Composición Química

Esta planta tropical dispone de características químicas potenciales que pueden variar de acuerdo a la zona geográfica o incluso las condiciones en las que se encuentre [5]. También tiene la habilidad de adaptarse a diversas condiciones debido a que puede tolerar las variaciones que se puedan presentar en los mantos acuíferos como por ejemplo la temperatura, nutrientes y otros aspectos que puedan influir en el medio ambiente, se cree que el ph que debe de tener el lirio acuático para su desarrollo debe ser entre 6 y 8, con una temperatura aproximada de 1 a 40 °C, sin embargo, a temperaturas menores de 1 °C esta planta es sensible [2].

Retomando lo anteriormente dicho se debe tomar en cuenta que todas estas características tienden a variar puesto que influyen tanto las condiciones ambientales como también la zona geográfica donde dicha planta se encuentre situada. Su composición química general es la siguiente: cuenta con entre el 92.8 y 95% de agua, de 4.2 a 6.1% de compuestos volátiles, de 18.2 a 19% de celulosa, de 48.7 a 50% de hemicelulosa, de 3.5% a 3.8% de lignina y de 13 a 13.5% de proteína cruda, por lo anterior se observa la amplia capacidad que tiene el lirio para procesarse [5].

Características

El lirio acuático es considerado como una planta altamente captadora de agua, con una alta proliferación en las zonas acuíferas, debido a la habilidad que tiene para adaptarse a diversas condiciones ambientales, con la capacidad de duplicarse en un aproximado de cinco días [5]. Se cree que el lirio acuático tiene la habilidad de eliminar residuos de las aguas tales como zinc, cobre y cromo entre otros, aunque aún se desconoce de este tema debido a la poca información y experimentación que se tiene hasta el momento [2]. Sin embargo, esta línea de investigación tiene potencial de crecimiento debido al interés de buscar nuevas tecnologías más sostenibles en la remoción de los metales pesados por parte del sector industrial [8].

Situación Global

Como ya se mencionó por un lado, el LA causa que la calidad de vida de las personas que viven cerca del ambiente donde se encuentra se vea afectada, por otra parte, la planta ha servido como fitorremediador, entre otras alternativas de usos pues la especie tiene un potencial de aprovechamiento muy amplio [2].

Por este motivo a lo largo de los años se han realizado cada vez más investigaciones respecto al tema, las cuales pretenden encontrar una solución factible la cual permita reducir la propagación del LA y a su vez aprovechar efectivamente este recurso de manera amigable con el ambiente. Los primeros estudios realizados se enfocan en las propiedades

y características físicas y químicas del lirio, esto fue debido a que existía un desconocimiento general de esta planta invasora y se necesitaban estudios más profundos para que a partir de esos descubrimientos se pudiera empezar a desarrollar propuestas efectivas contra esta maraña.

El LA o “jacinto de agua” ha ido evolucionando a través del tiempo, pues cuando se analizaron nuevamente sus características notaron que estas eran ligeramente diferentes, pues las células meristemas encargadas del crecimiento permanente de las plantas lograron un cambio en cuanto a la resistencia progresiva [9]. En años recientes las investigaciones que se realizan tienen como objetivo encontrar alternativas de aprovechamiento y métodos de control enfocadas en el aspecto ambiental que puedan combatir satisfactoriamente esta plaga [7].

Los estudios sobre el LA son un tema de interés que ha ido en aumento desde años anteriores hasta la actualidad, no sólo en aspectos ambientales sino también en un enfoque científico. En la Figura 2 se muestran todos los artículos científicos publicados referentes al tema, así como la tendencia de las investigaciones publicadas en un tiempo predeterminado.

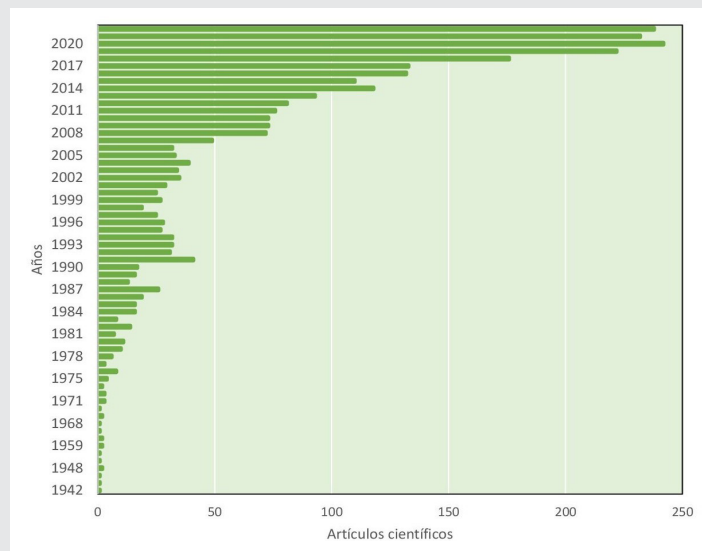


Figura 3. Historial de Artículos Científicos publicados desde 1942 hasta el año 2022.

Gráfica de Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Web of Science.

Se puede observar que los estudios científicos que refieren a la planta muestran un incremento considerable desde 1942 cuando se publicó el primer artículo hasta el año 2022 cuando se publicaron 238 artículos. Habiendo un pico en la década de los noventa y a partir de ese momento hubo un incremento exponencial de investigaciones publicadas.

De manera similar en la Figura 3 se puede observar que los diez países que son los mayores productores de artículos científicos sobre el lirio son India, China, Estados Unidos, Brasil, Sudáfrica, Egipto, Tailandia, Malasia, México y Japón. En la cual México obtiene el noveno lugar de esta lista, lo cual indica que el país está invadido por esta maleza y está sufriendo los efectos negativos que causa esta plaga y por tanto está muy interesado en minimizar los daños causados y en encontrar un aprovechamiento sostenible que ayude a controlar esta plaga.

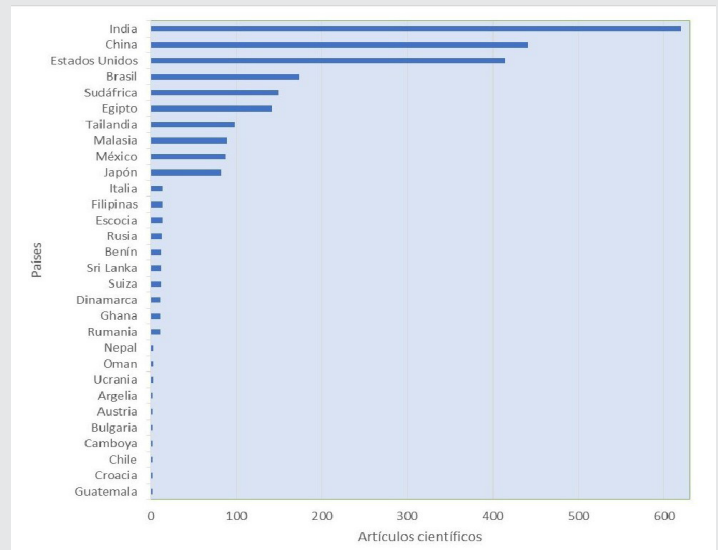


Figura 4. Los países mayores productores de artículos.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Web of Science.

Situación en México

En México, esta planta fue introducida a finales del siglo diecinueve, sin embargo, se desconoce quién la introdujo al país. Ya se habían reportado avistamientos de esta maleza en la ciudad de México en 1897 pero no fue hasta 1906 se le reconoció oficialmente como planta invasora en el país [10]. Cabe destacar que el reconocimiento de maleza del LA es debido a los efectos negativos que tiene en el ambiente que invade como consecuencia del enriquecimiento de nutrientes que este provoca.

En el seminario que se llevó a cabo en 1988 “Control y Aprovechamiento del Lirio Acuático” se determinó que para desarrollar un método de control efectivo de esta maleza se necesita considerar el ambiente donde invade y que para ese momento los conocimientos que se tenían sobre esta planta eran insuficientes para ello [11]. Además, en territorios como el de México donde no existe ningún depredador natural de esta planta, esta condición se complica y debido a la rápida proliferación que tiene esta maleza, el impacto de esta planta indeseable se agrava [12].

Problemática del lirio acuático

El LA es considerado como una plaga debido a su crecimiento desmedido y a los problemas que causa, por ejemplo, en la navegación en cuerpos de agua como lo son ríos y lagos. Además, genera la eutrofización, acumulación de residuos orgánicos, lo que reduce la calidad del agua; también incrementa la evapotranspiración, obstaculiza la entrada de luz solar y disminuye el oxígeno presente en las vías fluviales en las que se encuentra. Por todo esto, a esta planta se le considera como maleza [10]. A continuación, se desglosan los impactos más significativos que produce esta planta.

Impacto Ambiental: Se obtuvo que el lirio acuático es capaz de ejercer alteraciones ecológicas en los ecosistemas como en la cadena alimentaria, en los nutrientes de la masa de agua, en la supervivencia de las especies nativas y pérdida de agua por evapotranspiración. Además, presenta una rápida reproducción provocando que la luz y el oxígeno disminuya en los cuerpos de agua lo que a su vez provoca la muerte de otras especies. Descentraliza los ecosistemas acuáticos, degradándose y limitando su funcionamiento. Cuando se descomponen en grandes cantidades produce una sedimentación que contamina el agua [2], [13], [14], [15].

Impacto Económico: En cuanto al Impacto económico las esteras que forman el lirio impiden la realización de actividades económicas como la pesca, la navegación y algunas actividades turísticas, también las estaciones hidroeléctricas se ven severamente afectadas debido a que obstruyen el flujo de agua causando daños y complicaciones. Debido a su gran capacidad de absorción aumenta la pérdida del agua provocando un impacto negativo en cuanto a la parte económica del lugar. El problema con esta maleza se toma en cuenta en relación del funcionamiento que tenga en las zonas acuíferas en las que se encuentre, por ejemplo, si esa vía fluvial se usa como fuente de agua entonces la disminución de la calidad del agua incrementa el costo del tratamiento que necesita el agua para potabilizarla aumentando a su vez el costo de esta, por tanto, afecta económicamente a las regiones aledañas [15], [2], [16], [1], [17].

Impacto Social: Esta planta ayuda a la reproducción de especies que esparcen enfermedades e infecciones lo que provoca un riesgo para la salud, sin embargo, la descomposición de esta planta provoca que la masa de agua donde se encuentra se vuelva más eutrófica lo que puede conllevar a la producción de enfermedades, trayendo consigo afectaciones a las comunidades que tienen como actividad principal la agricultura y la pesca, dificultado el transporte acuático, irrigación, la natación y otras actividades subsidiarias trayendo con esto afectaciones a las comunidades aledañas en las zonas acuíferas invadidas por esta maleza [15], [2], [16], [1], [17].

Para minimizar todos estos impactos se han realizado numerosos estudios que buscan alternativas de aprovechamiento y métodos de control efectivos que ayuden a reducir esta plaga.

Métodos de Control

Se han desarrollado métodos mecánicos, químicos y biológicos con el fin de revertir en cierta forma el impacto causado, sin embargo el uso y tratamiento de estos no siempre traen resultados favorables, ya que puede llegar a generar costos altos, además puede provocar un impacto negativo en cuanto a las propiedades del agua viéndose afectados los seres vivos que se encuentran en ella, debido a que para remediar dicho problema se utilizan diversos procedimientos y productos químicos [18].

Control Mecánico: El método de control mecánico requiere el uso de maquinaria y demás productos que nos ayuden y faciliten el remover la maleza. Este método consiste en desplazar el LA y trasladarlo a otros espacios, aunque este proceso puede llegar a ser un prelude de control químico en el cual el agua se rocía con herbicidas una vez eliminadas las malas hierbas [1]. Este método puede llegar a tener un alto costo dependiendo la zona en donde este sea aplicado, debido a que en algunas zonas se podrá encontrar una mayor cantidad de LA en comparación con otras, esto va a diferir en cuanto a las condiciones climáticas del lugar.

En ocasiones se recurre a la trituración y hundimiento del lirio aplicando el método de control, debido a que es una solución rápida, sin embargo, esta no es la mejor alternativa para el ambiente debido a que trae consecuencias negativas para los cuerpos de agua [19]. Debido a que el lirio triturado se va acumulando en el fondo de las zonas acuíferas teniendo una consistencia un tanto espesa lo que trae como consecuencia que los niveles de las zonas acuíferas disminuyan paulatinamente, por consiguiente su capacidad de almacenamiento de agua también disminuye provocando una problemática más, pues para que la zona vuelva a su estado original se necesita hacer un dragado de la zona, sin mencionar que toda la sedimentación del lirio y su descomposición afecta a las especies marinas, la flora y fauna, debido a que incrementa el surgimiento de bacterias lo que conlleva a la contaminación de las vías fluviales.

Otro método similar al mecánico es el método manual que necesita un número de personas o bien voluntarios los cuales se encarguen de la extracción de la planta, sin embargo, esto sólo es eficaz cuando se realiza en zonas acuíferas pequeñas y de fácil acceso.

Control Químico: El método de control químico es una técnica que implica la aplicación de herbicidas para deshacerse de esta plaga [1]. Los productos más comunes son el paraquat y el glifosato, estos se utili-

zan mayormente en África. El método químico se caracteriza por ser un tanto rápido, eficaz y con un costo menor, sin embargo, se puede llegar a presentar complicaciones ambientales graves si no se toman las precauciones adecuadas y si no se tiene un conocimiento especializado del tema.

Se debe tener precaución cuando se emplea este método debido a que si no se tiene cuidado en controlar la parte química sus efectos pueden causar severas consecuencias en las especies las cuales no son el objetivo, actualmente gracias a diversos estudios realizados ya se utilizan diversas sustancias las cuales no causan ninguna afectación en los organismos ni en los mantos acuíferos.

Control Biológico: La tercera técnica que se aplica es el método de control biológico, está alternativa de control incluye la explotación de un huésped como adversario natural distinto del Jacinto de agua esto para disminuir el tamaño de la población de la planta hasta la fecha, algunos de los enemigos naturales de los que se tiene constancia son polillas, moscas, gorgojos, chetina y salmones, además de las especies fúngicas [1]. Como se ha mencionado anteriormente, en México no existe ningún depredador natural del LA [12]. Esta técnica resulta algo extensa, si bien el beneficio que se puede obtener es que reduce costos debido a que no se necesita la implementación de maquinaria o mano humana para la realización de esta actividad, aunque si se ve desde otra perspectiva esto podría ser una problemática puesto que al aplicar dicha técnica se debe tomar en cuenta que se requiere tener una alta precisión, si esto no se hace así, se podría salir de control ya que además de acabar con la plaga, también se estaría atacando otras especies de plantas, lo que afectaría a los animales de los ecosistemas debido a que se podría acabar con su dieta alimenticia.

Por todo lo anterior, encontrar un método de control efectivo para disminuir y controlar a esta maleza es un tema de interés global, sin embargo, aunque periódicamente se publiquen nuevos artículos en relación con la planta estos no son suficientes para atacar dicho problema [1]. Es por ello que también se ha visto la necesidad de investigar usos alternativos que se le puedan dar a esta planta y así mantenerla controlada.

Usos Alternativos del Lirio acuático

De acuerdo con diversos estudios recientes, el LA tiene mucho potencial de aplicación. Se dice que se puede utilizar para el tratamiento de aguas residuales y para la eliminación de tintes y metales pesados, entre otros [2]. Además, se ha explicado que la lignina, la celulosa, la hemicelulosa e incluso algunos biocombustibles se pueden obtener a partir del LA. E incluso esta especie se puede utilizar para la fitorremediación y para tratar derrames, porque la fibra del LA tiene una gran capacidad de absorción de aproximadamente

2.5 a 4 veces su peso [16]. Además, esta planta tiene características positivas para su utilización se producen y técnicas que resultan amigables para el medio ambiente. Los estudios científicos mayormente tratan sobre el uso y el control de la planta, sin embargo, estos no abordan temas relacionados con el aprovechamiento de la planta en la producción de productos biodegradables como empaques, artesanías, pellets para alimentos de acuicultura, bloques nutricionales para ganado, bloques de construcción, plaguicidas, té y tinturas [7].

También se utiliza en la elaboración de biocombustibles [10], en la retención de metales pesados [18], incluso en el ámbito industrial, una compañía elabora una fibra cuya materia prima es el LA para la atención de derrames y en el reciclaje de sustancias orgánicas o industriales [10]. Además, ya se ha utilizado en la fitorremediación pues ayuda a obtener una eficiente remoción del color en las aguas residuales sin la necesidad de usar reactivos químicos adicionales [20]. También sirve en la producción de etanol [14], la producción de biogás y como fertilizante orgánico [5]. La producción alternativa de bioplástico a través de la planta del lirio acuático también ha tenido un buen rendimiento [7]. Además, se ha utilizado fibra de lirio acuático proveniente de la laguna de Yuridia, para obtener fibra de lirio y utilizarla en los cultivos semi-hidroponicos donde se cultivaba lechuga y frijol, logrando la germinación y su mantenimiento [19].

CONCLUSIONES

Como se ha observado en este estudio teórico, existe hasta ahora un conocimiento general sobre el impacto negativo que provoca el LA en los ecosistemas donde es una especie invasora. Se ha visto que debido a su alta proliferación cubre las zonas acuíferas donde se encuentra, lo que afecta la fotosíntesis de la flora del ecosistema y erradica el oxígeno dentro del agua, contribuye a la reducción de la diversidad de las especies, produce dificultades en la navegación, ya sea por turismo o actividades económicas, en la potabilización del agua y en la generación de electricidad, entre otros. Y aunque se han desarrollado métodos de control de esta plaga, estos son insuficientes para resolver esta problemática, pues cada uno tiene ventajas potenciales en su uso.

Actualmente no hay literatura publicada suficiente sobre el aprovechamiento sustentable de LA específicamente en la generación de productos alternativos biodegradables. Pues reiterando lo anteriormente analizado, estos no abordan temas relacionados con el aprovechamiento de la planta en la producción de productos biodegradables. Con esto se demuestra que, aunque esta especie tiene mucho potencial de aprovechamiento, existe la necesidad de una nueva línea de investigación sobre más opciones de usos alternativos sustentables que puedan utilizarse como

un método de control efectivo y sustentable contra la plaga que a su vez reduzca los impactos nocivos que produce la planta en los ecosistemas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ayanda, O. I., Ajayi, T., y Asuwaju, F. P. (2020). *Eichhornia crassipes* (Mart.) solms: uses, challenges, threats, and prospects. *The Scientific World Journal*, 2020. doi: 10.1155/2020/3452172.
- [2] Rodríguez-Lara, J., Cervantes-Ortiz, F., Arámbula-Villa, G., Mariscal-Amaro, L., Aguirre-Mancilla, C., y Andrio-Enríquez, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión, *Agronomía Mesoamericana*, 33(1). doi:10.15517/am.v33i1.44201.
- [3] Penfound, T., y Earle, T. T., (1948). The biology of the water hyacinth. *Ecological Monographs*, 18 (4), 447-472. <http://www.jstor.org/stable/1948585>.
- [4] Karim, A. (1948). Microbiological decomposition of water hyacinth. *Soil Science*, 66(6), 401-416.
- [5] Tovar-Jiménez, T., Favela-Torres, E., Volke-Sepúlveda, T., Escalante-Espinosa, E., Díaz-Ramírez, I., Córdova-López, J., y Téllez-Jurado, A. (2019). Influence of the geographical area and morphological part of the water hyacinth on its chemical composition, *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 11(1), 39-52. doi: 10.5154/r.inagbi.2017.10.013.
- [6] Maxwell, J. A. (2019). *Diseño de investigación cualitativa*. Editorial Gedisa.
- [7] Sierra-Carmona, C., Hernández-Orduña, M., y Murrieta-Galindo, R. (2022). Alternative Uses of Water Hyacinth (*Pontederia crassipes*) from a Sustainable Perspective: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 2022, 14. <https://doi.org/10.3390/su14073931>.
- [8] Rojas, A. (2021) *Buchón de agua, una revisión de su capacidad para remover contaminantes del agua (tesis de pregrado)*. Bogotá, Colombia.
- [9] Minshall, H. y Scratch, G. W., (1952). Effect of growth in acid media on the morphology, hydrogen-ion concentration, viscosity, and permeability of water hyacinth and frogbit root cells. *Canadian Journal of Botany*, 30, 188-208. <http://www.nrcresearchpress.com>.
- [10] Acosta, D. (2019). *Evaluación de pre tratamientos: mecánico, térmico y químico sobre sustratos de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) y de nopal (*Opuntia-ficus indica*) (tesis de pregrado)*. Morelia, Michoacán.
- [11] Díaz Zavaleta, G., Olvera Viascán, V., Romero Luna, F., & Aguirre Martínez, J. (1989). Control y aprovechamiento del lirio acuático en México.
- [12] Niño-Sulkowska MS, Lot A. 1983. Estudio demográfico del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms: dinámica de crecimiento en dos localidades selectas de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 45, 71-83.
- [13] Ali, Y. M., y Khedr, I. S. E. D. (2018). Estimation of water losses through evapotranspiration of aquatic weeds in the Nile River (Case study: Rosetta Branch). *Water Science*, 32(2), 259-275.
- [14] Alonso-Gómez, L. A., y Bello-Pérez, L. A. (2018). Materias primas usadas para la producción de etanol de cuatro generaciones: retos y oportunidades. *Agrociencia*, 52(7), 967-990.
- [15] Degaga, A. H. (2018). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) biology and its impacts on ecosystem, biodiversity, economy and human well-being. *Journal of Life Science and Biomedicine*, 8(6), 94-100.
- [16] Damtie, Y. A., Berlie, A. B., y Gessese, G. M. (2022). Impact of water hyacinth on rural livelihoods: the case of Lake Tana, Amhara region, Ethiopia. *Heliyon*, 8(3).
- [17] Bermúdez, B., Lamus, M., y Bermejo, A. (2022). Suplementación con Bora (*Eichhornia crassipes*) para pollos de engorde en la fase de crecimiento. *Revista Acta Apuroquia*, 3, 94-108.
- [18] Miguel-Barrera, A., Castañeda-Antonio, D., Santamaría-Juárez, J. D., Munive-Hernández, J. A., Rivera-Tapia, A., & Ramos-Cassellis, M. E. (2020). Modelo de biorremediación de plomo con lirio acuático. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 5(17), 15-28.
- [19] Ortiz, J., y Linares, C. (2018). Aprovechamiento de fibra de lirio acuático en cultivos semi-hidroponicos. *Jóvenes en la ciencia*, 4(1), 947-951.
- [20] Velasco, J., y Contreras, R. (2019). Alternativa para el tratamiento de efluentes de la Escuela Superior de Ingeniería Textil (ESIT-IPN) mediante fitorremediación. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, 5, 150-159.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Un análisis teórico de la Agricultura Regenerativa en contraste con la Agricultura Convencional

RESUMEN: La agricultura ha sido fundamental para la humanidad, pero los métodos convencionales han generado desafíos de sostenibilidad. La Agricultura Regenerativa emerge como un enfoque prometedor que busca revitalizar la tierra, fomentar la biodiversidad y mejorar la resiliencia de los agroecosistemas. Este estudio comparativo analizó la Agricultura Regenerativa frente a la agricultura convencional. Mediante una metodología cualitativa, se revisó literatura para comparar su impacto ambiental, biodiversidad, salud del suelo, retención de carbono, productividad y beneficios socioeconómicos. La Agricultura Regenerativa se destacó por su enfoque en la restauración del suelo, el fomento de la biodiversidad y la reducción de agroquímicos. Si bien la agricultura convencional mostró ventajas a corto plazo, la Agricultura Regenerativa reveló potencial a largo plazo, especialmente en condiciones cambiantes. Ofreció beneficios económicos y sociales, y se perfila como una opción transformadora hacia la sostenibilidad. La conclusión resalta la complejidad en la transición a la Agricultura Regenerativa y su potencial para sistemas agrícolas más sostenibles y equitativos. Este enfoque centrado en restaurar el suelo y promover la biodiversidad, muestra un significativo potencial para transformar los sistemas agrícolas hacia la sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: Agricultura Regenerativa, Agricultura Convencional, Control biológico de plagas, Diversificación de cultivos, Fertilidad del suelo, Ganadería regenerativa, Materia orgánica del suelo, Mitigación y adaptación al cambio climático, Rotación de cultivos, Salud del suelo, Secuestro de carbono.



Colaboración

José Luis Hernández Hernández, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023

ABSTRACT: Agriculture has been fundamental to humanity, but conventional methods have created sustainability challenges. Regenerative Agriculture emerges as a promising approach that seeks to revitalize the land, foster biodiversity and improve the resilience of agroecosystems. This comparative study analyzed Regenerative Agriculture versus conventional agriculture. Using a qualitative methodology, literature was reviewed to compare its environmental impact, biodiversity, soil health, carbon sequestration, productivity and socioeconomic benefits. Regenerative agriculture stood out for its focus on soil restoration, biodiversity enhancement and agrochemical reduction. While conventional agriculture showed short-term advantages, Regenerative Agriculture revealed long-term potential, especially under changing conditions. It offered economic and social benefits, and is emerging as a transformative option towards sustainability. The conclusion highlights the complexity in the transition to Regenerative Agriculture and its potential for more sustainable and equitable agricultural systems. This approach, focused on restoring soil and promoting biodiversity, shows significant potential for transforming agricultural systems towards sustainability.

KEYWORDS: Regenerative Agriculture, Conventional Agriculture, Biological Pest Control, Crop Diversification, Soil Fertility, Regenerative Livestock Farming, Soil Organic Matter, Climate Change Mitigation and Adaptation, Crop Rotation, Soil Health, Carbon Sequestration.

INTRODUCCIÓN

La agricultura, en su esencia, ha sido un pilar fundamental en la subsistencia y evolución de la humanidad a lo largo de la historia. No obstante, los métodos convencionales de cultivo han generado desafíos significativos relacionados con la sostenibilidad, la degradación del suelo y el agotamiento de los recursos naturales. En respuesta a estos desafíos, ha surgido un enfoque emergente y prometedor conocido como Agricultura Regenerativa. Este enfoque se basa en principios que buscan revitalizar la tierra, promover la biodiversidad, y mejorar la resiliencia de los agroecosistemas. Para compren-

der en profundidad la Agricultura Regenerativa y su potencial impacto, este estudio teórico se propone analizar y comparar la Agricultura Regenerativa con los métodos convencionales de agricultura, con el objetivo de arrojar luz sobre sus diferencias, ventajas y desafíos.

La Agricultura Regenerativa se ha erigido como un tema de gran importancia en la comunidad científica y en la sociedad en general. La Agricultura Regenerativa se define como un enfoque que no solo aspira a mantener la salud del suelo, sino a mejorarla a lo largo del tiempo [1]. Se basa en principios fundamentales, como la promoción de la biodiversidad, la minimización del uso de agroquímicos y la mejora del atrapamiento de carbono en el suelo. La adopción de esta práctica es impulsada por la creciente preocupación por la sostenibilidad de la agricultura convencional y su impacto negativo en el suelo, la biodiversidad y el clima [2]. La relevancia de la Agricultura Regenerativa se ha destacado en múltiples discursos, destacando su potencial transformador en la agricultura y la sociedad [3].

La Agricultura Regenerativa se distingue por su enfoque en la reposición de la calidad del suelo y la mitigación de la degradación del suelo, un aspecto crítico para la sostenibilidad a largo plazo [4]. En un contexto más amplio, la Agricultura Regenerativa ha desencadenado debates sobre su relación con la agricultura orgánica y el futuro de la agricultura en el siglo XXI [5].

Este estudio se sumerge en el mundo de la Agricultura Regenerativa, buscando una comprensión más profunda de sus principios, su efectividad en comparación con los métodos convencionales y las implicaciones para el porvenir de la agricultura sostenible. A través de la revisión de la literatura, la identificación de indicadores clave y un análisis comparativo de sus principios y prácticas, se pretende arrojar luz sobre el potencial transformador de la Agricultura Regenerativa en la búsqueda de un sistema agrícola más sostenible y resiliente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Metodología

En este estudio teórico comparativo sobre Agricultura Regenerativa y métodos convencionales de agricultura, se utilizó una metodología cualitativa. Se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva para recopilar información sobre los principios y prácticas de la Agricultura Regenerativa, así como de los métodos convencionales de agricultura. A partir de esta revisión, se compararon ambos enfoques considerando su impacto ambiental, biodiversidad y salud del suelo, retención de carbono y emisiones, productividad y rendimientos, resiliencia climática, y beneficios sociales y económicos.

Mediante un análisis comparativo sistemático, se identificaron ventajas, desventajas, similitudes y diferencias entre la Agricultura Regenerativa y la agricultura convencional. Los resultados se interpretaron en una discusión que destacó el potencial de la Agricultura Regenerativa para transformar los sistemas agrícolas hacia la sostenibilidad. Finalmente, se presentaron conclusiones resumiendo los hallazgos más relevantes del estudio teórico.

Introducción a la agricultura regenerativa

Definición y concepto de agricultura regenerativa

La Agricultura Regenerativa es un enfoque transformador que busca restaurar y aumentar la salud del suelo, aumentar la biodiversidad y reducir la huella de carbono de la agricultura, mientras se fomenta la sostenibilidad y la obtención de alimentos de alta calidad. Este enfoque se basa en la comprensión de que el suelo es un recurso limitado y que su degradación puede tener consecuencias graves para la producción de alimentos y la salud del medio ambiente. A medida que los desafíos ambientales y la degradación del suelo se vuelven más evidentes, la urgencia de adoptar prácticas agrícolas más consideradas con el medio ambiente se vuelve cada vez más urgente. La agricultura regenerativa se basa en principios científicos sólidos y aborda los problemas asociados con la agricultura convencional y sus impactos negativos en el suelo y el medio ambiente.

Lal [4] destaca la importancia de la restauración de la calidad del suelo para mitigar la degradación del suelo en el contexto de la agricultura. La degradación del suelo que incluye el desgaste, la pérdida de nutrientes y la disminución de la materia orgánica, es una preocupación creciente debido a su impacto en la producción de alimentos y en la sostenibilidad agrícola a largo plazo. Lal propone que la agricultura regenerativa puede desempeñar un papel crucial en la mejora de la calidad del suelo y en la mitigación de la degradación del mismo. El autor argumenta que la agricultura regenerativa puede mejorar la calidad del suelo a través de prácticas como la rotación de cultivos, la siembra directa y la aplicación de abonos orgánicos. Estas prácticas pueden aumentar la materia orgánica del suelo, mejorar la estructura del suelo y aumentar la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes.

Reganold y Wachter [5] exploran el papel y la evolución de la agricultura orgánica en el siglo XXI. Aunque no se centra específicamente en la agricultura regenerativa, el enfoque orgánico comparte muchos principios y objetivos similares, como la mejora de la salud del suelo, la biodiversidad y la sostenibilidad. Los autores argumentan que la agricultura orgánica puede ser una forma efectiva de promover la agricultura regenerativa. La agricultura orgánica se basa en prácticas agrícolas sostenibles

que promueven la salud del suelo, la biodiversidad y la calidad de los alimentos. Además, la agricultura orgánica puede reducir la huella de carbono de la agricultura al reducir la dependencia de los combustibles fósiles y promover métodos agrícolas que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero.

Principios y prácticas de la agricultura regenerativa

La agricultura regenerativa se basa en un conjunto de principios y prácticas que buscan reconstruir la salud del suelo y restaurar la biodiversidad en los sistemas agrícolas. Algunas de las prácticas clave incluyen [4] [5]:

1. Cobertura del Suelo: Mantener el suelo cubierto con cultivos, residuos vegetales o acolchado ayuda a prevenir la erosión y a mejorar la retención de humedad.

2. Rotación de Cultivos: Cambiar los cultivos en el mismo campo de manera regular ayuda a evitar la acumulación de plagas y enfermedades, además de mejorar la salud del suelo.

3. No Labranza: Evitar la labranza excesiva reduce la perturbación del suelo y mantiene su estructura y microbiota intactas.

4. Uso de Compost y Abonos Orgánicos: Aportar materia orgánica al suelo aumenta su fertilidad y mejora la retención de nutrientes.

5. Integración de Cultivos y Ganadería: La combinación de cultivos y ganado puede tener efectos beneficiosos en la salud del suelo y la gestión de nutrientes.

6. Agroforestería: Introducir árboles en los sistemas agrícolas puede contribuir a la mejora del suelo y proporcionar otros beneficios, como la captura de carbono.

La Agricultura Regenerativa emerge como un enfoque prometedor para abordar los desafíos ambientales y degradación del suelo asociados con la agricultura convencional. A través de la adopción de prácticas que buscan restaurar y mejorar los ecosistemas agrícolas, se espera que la agricultura regenerativa contribuya a la sostenibilidad a largo plazo de la producción de alimentos, la salud del suelo y la biodiversidad.

Introducción a la agricultura convencional

Definición y concepto de agricultura convencional

La definición de "agricultura convencional" puede variar según el contexto y la perspectiva. Sin embargo, en general, se refiere a un enfoque agrícola que utiliza prácticas y tecnologías tradicionales o

comúnmente aceptadas en la agricultura moderna. La agricultura convencional se caracteriza por el uso de insumos sintéticos, como fertilizantes químicos y pesticidas, maquinaria agrícola intensiva, monocultivos y altos niveles de mecanización. Esta forma de agricultura se ha asociado históricamente con la maximización de la producción y la eficiencia, con un enfoque en la productividad a corto plazo.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la definición de agricultura convencional puede variar según el contexto y las perspectivas individuales. Algunos pueden enfocarse en aspectos específicos, como el uso de insumos químicos, mientras que otros pueden considerar factores como el tamaño de la explotación, la estructura de cultivos o las prácticas de manejo del suelo [6].

Enfoque y prácticas de la Agricultura convencional

El enfoque de la agricultura convencional se basa en la maximización de la producción agrícola a través del uso intensivo de insumos externos, como fertilizantes sintéticos, pesticidas y maquinaria agrícola [7]. Los principios básicos de la agricultura convencional incluyen:

1. Uso de insumos químicos: La agricultura convencional se caracteriza por el uso de fertilizantes sintéticos para proporcionar nutrientes a los cultivos y pesticidas para controlar plagas y enfermedades. Estos insumos químicos se utilizan para maximizar el rendimiento de los cultivos y protegerlos de las amenazas bióticas.

2. Monocultivo: La agricultura convencional tiende a favorecer el monocultivo, es decir, el cultivo de una sola especie en grandes extensiones de tierra. Esto se debe a la eficiencia en la gestión y la maximización de la producción de cultivos específicos.

3. Uso intensivo de maquinaria: La agricultura convencional se apoya en el uso de maquinaria agrícola para realizar tareas como la preparación del suelo, la siembra, el riego y la cosecha. Esto permite una mayor eficiencia y productividad en comparación con métodos manuales.

4. Dependencia de recursos externos: La agricultura convencional depende en gran medida de insumos externos, como semillas mejoradas genéticamente, fertilizantes y pesticidas. Estos recursos suelen ser adquiridos en el mercado y pueden generar dependencia económica y ambiental.

5. Enfoque en la productividad y rentabilidad: El objetivo principal de la agricultura convencional es maximizar la productividad y la rentabilidad económica. Se busca obtener altos rendimientos de los cultivos para satisfacer la demanda creciente de alimentos y generar beneficios económicos para los agricultores.

Evolución del término “Agricultura convencional”

A lo largo del tiempo, el significado del término “agricultura convencional” ha evolucionado y ha sido utilizado de diferentes maneras. En las décadas de 1950 y 1960, se utilizaba para referirse a la agricultura cotidiana o presente, sin una definición clara ni explicación de lo que implicaba. En ese momento, no se mencionaba la agricultura no convencional y, en algunos casos, se utilizaba para contrastarla con tecnologías emergentes como la hidroponía.

En las décadas de 1970 y 1980, el término comenzó a utilizarse para identificar y caracterizar prácticas agrícolas que se podían comparar con la agricultura orgánica. Se enfatizaban diferencias como el reemplazo de capital por mano de obra, el tamaño de las unidades agrícolas y la gestión de la fertilidad del suelo y las plagas de los sembradíos. En este sentido, se consideraba a la agricultura convencional como un enfoque más moderno y tecnificado en comparación con la agricultura orgánica [6].

Sin embargo, a medida que avanzaba el tiempo, el término “agricultura convencional” comenzó a ser utilizado de manera más amplia y a menudo se asociaba con características negativas. Se le atribuían problemas como la insostenibilidad, la degradación ambiental, la atadura a los insumos externos y la falta de capacidad para abordar desafíos como el cambio climático y la seguridad alimentaria. Esta visión negativa de la agricultura convencional se ha utilizado para promover enfoques alternativos y resaltar sus supuestas ventajas en términos de sostenibilidad y resiliencia.

A lo largo del tiempo, el significado del término “agricultura convencional” ha evolucionado desde una descripción de la agricultura cotidiana hacia una caracterización de prácticas agrícolas tecnificadas y, posteriormente, hacia una visión más crítica y negativa de la agricultura convencional en comparación con enfoques alternativos [8].

Limitaciones y problemas de la dicotomía entre la agricultura convencional y la agricultura alternativa

La dicotomía entre la agricultura convencional y la agricultura alternativa presenta varias limitaciones y problemas.

En primer lugar, simplifica la complejidad y diversidad de los sistemas agrícolas. La agricultura es una práctica multifacética y dependiente del contexto, con variaciones en insumos, prácticas, escala y resultados observados tanto en sistemas convencionales como alternativos. Definir la agricultura convencional en función de una sola característica, como el uso de fertilizantes sintéticos o el arado, pasa por alto la amplia gama de prácticas y resultados dentro de esta categoría.

En segundo lugar, la dicotomía perpetúa, una falsa relación entre la Agricultura Convencional y la Agricultura Alternativa. En realidad, existe un continuum de intensidad en el uso de insumos, escala, diversificación y otros factores que existen tanto en sistemas convencionales como alternativos. Esta variación del mundo real a menudo se considera insuficientemente en las comparaciones binarias, lo que lleva a una comprensión simplificada de la agricultura.

En tercer lugar, la dicotomía tiende a homogeneizar y normalizar las agriculturas alternativas mientras se estigmatiza la agricultura convencional. Retrata la agricultura convencional como insostenible, destructiva para el medio ambiente y perjudicial para las comunidades rurales, mientras idealiza los enfoques alternativos. Este enfoque puede llevar a un debate polarizado e improductivo sobre el futuro de la agricultura.

Además, la dicotomía pasa por alto la importancia de la adaptación local, la disponibilidad de recursos, la geografía económica y el contexto político en la configuración de los sistemas agrícolas. No tiene en cuenta los diversos entornos históricos, biofísicos, sociales, culturales y políticos en los que se lleva a cabo la agricultura, lo que resulta en una comprensión limitada de las complejidades de las prácticas agrícolas.

En resumen, la dicotomía entre la agricultura convencional y la alternativa simplifica en exceso la diversidad y complejidad de los sistemas agrícolas, perpetúa una falsa dicotomía, homogeniza las agriculturas alternativas y pasa por alto importantes factores contextuales. Estas limitaciones y problemas dificultan una comprensión integral y matizada del futuro de la agricultura [9].

Comparativa entre los principios y prácticas de la Agricultura Regenerativa y la Agricultura Convencional

La Agricultura Regenerativa y la agricultura convencional representan dos enfoques significativamente diferentes en la forma en que se practica la agricultura. Mientras que la agricultura regenerativa se basa en principios y prácticas destinados a reconstruir la salud del suelo y promover la biodiversidad, la agricultura convencional se enfoca en la maximización de la producción agrícola a través del uso intensivo de insumos químicos y maquinaria. La Tabla 1 que se muestra a continuación es una comparativa que resalta las principales diferencias entre estos dos enfoques, subrayando sus objetivos, prácticas y efectos en los sistemas agrícolas y el medio ambiente.

Tabla 1. Principios y Prácticas de la Agricultura Regenerativa y la Agricultura Convencional.

Aspecto	Agricultura Regenerativa	Agricultura Convencional
Objetivo principal	Restaurar la salud del suelo y biodiversidad	Maximizar la producción y rentabilidad
Cobertura del Suelo	Mantener el suelo cubierto para prevenir erosión	No se enfoca en la cobertura del suelo
Rotación de Cultivos	Cambio regular de cultivos para evitar plagas	Favorece el monocultivo
Labranza	Evitar labranza excesiva para mantener la estructura del suelo	Utiliza labranza intensiva
Uso de Compost y Abonos Orgánicos	Aportar materia orgánica para mejorar la fertilidad	Depende de fertilizantes sintéticos
Integración de Cultivos y Ganadería	Combina cultivos y ganado para beneficios en la salud del suelo	No promueve la integración de cultivos y ganadería
Agroforestería	Introduce árboles para mejorar el suelo y capturar carbono	No incorpora árboles en sistemas agrícolas
Uso de insumos químicos	Minimiza el uso de productos químicos sintéticos	Utiliza fertilizantes y pesticidas sintéticos
Monocultivo	Promueve la diversidad de cultivos	Favorece el cultivo de una sola especie
Uso intensivo de maquinaria	Menos dependencia de maquinaria agrícola	Se apoya en maquinaria para tareas agrícolas
Dependencia de recursos externos	Reduce la dependencia de insumos externos	Dependencia de semillas genéticamente mejoradas, fertilizantes y pesticidas
Enfoque en sostenibilidad	Busca la sostenibilidad a largo plazo de la producción de alimentos, la salud del suelo y la biodiversidad	Enfoque en la productividad y rentabilidad económica

Fuente Elaboración propia.

Beneficios de la Agricultura Regenerativa

La Agricultura Regenerativa ofrece una serie de beneficios significativos que se derivan de su enfoque en la restauración y el cuidado de los ecosistemas agrícolas. Estos beneficios se pueden dividir en varias categorías:

1. Mejora de la Salud del Suelo y la Productividad.

Según White [2], la Agricultura Regenerativa contribuye a la mejora de la salud del suelo, aumentando la productividad a largo plazo y la resiliencia de los cultivos. Esta restauración del suelo es esencial para garantizar una producción agrícola sostenible y de alta calidad.

2. Reducción de la Erosión y Protección del Agua.

La Agricultura Regenerativa reduce la erosión del suelo y previene la escorrentía de nutrientes, lo que es esencial para la sostenibilidad de la agricultura [4]. Esta práctica contribuye a la conservación de fuentes de agua y a la prevención de la contaminación, garantizando la disponibilidad de recursos hídricos limpios.

3. Menor Dependencia de Insumos Químicos y Maquinaria.

En comparación con la agricultura convencional, la Agricultura Regenerativa disminuye la dependencia de insumos químicos y maquinaria costosa. Esto puede resultar en ahorros económicos significativos y una reducción de la huella ambiental [6].

4. Mitigación del Cambio Climático y Conservación de la Biodiversidad.

Al promover la biodiversidad y la captura de carbono en sistemas agrícolas, la Agricultura Regenerativa desempeña un papel esencial en la mitigación del cambio climático. Además, contribuye a la conservación de la diversidad biológica, ayudando a preservar los ecosistemas naturales.

La Agricultura Regenerativa ofrece una extensa gama de beneficios que van más allá de la producción de alimentos. Favorece a la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura y al bienestar del planeta al mejorar la salud del suelo, proteger el agua, reducir la dependencia de insumos químicos y maquinaria, y mitigar el cambio climático mientras conserva la biodiversidad.

Economía y sostenibilidad

La Agricultura Regenerativa como alternativa económicamente viable frente a la Agricultura Convencional.

La Agricultura Regenerativa (RA) emerge como una alternativa económicamente viable frente a la Agricultura Convencional (CA). Al reducir los costos de insumos, mejorar la productividad del suelo y ofrecer oportunidades en mercados de carbono, la RA se posicio-

na como un motor de sustentabilidad económica para agricultores y comunidades locales [10].

Al enfocarse en la salud del suelo y minimizar el uso de insumos externos, la Agricultura Regenerativa reduce significativamente los costos asociados a fertilizantes sintéticos y pesticidas. Esto se traduce en ahorros y mayor rentabilidad para los agricultores. Además, el énfasis en la diversificación de cultivos proporciona fuentes adicionales de ingresos y resiliencia frente a fluctuaciones del mercado.

La mejora en la fertilidad del suelo derivada de las prácticas regenerativas aumenta los rendimientos y la productividad de los cultivos. Esto contribuye a la viabilidad económica de las operaciones agrícolas a mediano y largo plazo.

Otra ventaja es la posibilidad de participar en mercados de carbono y obtener ingresos por el secuestro de carbono en el suelo. Asimismo, el impulso a los sistemas alimentarios locales y la comercialización directa dinamizan las economías rurales y generan oportunidades laborales [11].

En conclusión, frente al modelo extractivista de la Agricultura Convencional, la Agricultura Regenerativa ofrece una alternativa viable y rentable, con claros beneficios económicos y sociales para agricultores y comunidades. Su adopción es clave para avanzar hacia sistemas alimentarios más sostenibles.

Experiencias y Estudio de caso

El artículo de Miller-Klugesherz y Sanderson [12] presenta un relevante estudio de caso cualitativo basado en entrevistas a profundidad realizadas a 51 agricultores en la región de las Grandes Llanuras centrales de Estados Unidos. Los autores exploran cómo los agricultores experimentan la transición de la agricultura industrial a las prácticas agrícolas regenerativas, enfocándose en las implicaciones para las identidades y el bienestar de los agricultores.

Un hallazgo clave del estudio es que los agricultores en transición tendían a adoptar una postura moralizada, distinguiéndose de aquellos que practicaban formas más industriales de agricultura. Gran parte de los agricultores entrevistados utilizaban el discurso de la adicción para describir la agricultura industrial, conceptualizando la agricultura regenerativa como una forma de recuperación.

Otro aspecto interesante que surge del estudio de caso es que avanzar hacia una adopción más profunda de los principios regenerativos parece involucrar desafíos adicionales, especialmente de orden financiero, dado que los beneficios tangibles de las prácticas regenerativas tienden a manifestarse en el mediano y largo plazo. Sin embargo, los autores encuentran que

aquellos agricultores que lograban superar al menos tres años de implementación de prácticas regenerativas expresaban convicciones más profundas sobre los beneficios ecológicos y humanos de este enfoque.

En síntesis, este estudio de caso realizado por Miller-Klugesherz y Sanderson arroja luz sobre las tensiones y transiciones en las identidades y culturas agrícolas que pueden estar asociadas a la adopción de un paradigma regenerativo. Si bien los desafíos son reales, el caso también sugiere que la agricultura regenerativa puede renovar no solo los agroecosistemas sino también el bienestar y los propósitos de los agricultores. Futuros estudios de caso y análisis comparativos pueden continuar profundizando en estas dimensiones.

RESULTADOS

El estudio teórico comparativo entre la Agricultura Regenerativa y los métodos convencionales de agricultura se basó en una metodología cualitativa, utilizando una revisión bibliográfica exhaustiva para evaluar los principios, prácticas y efectos de ambas modalidades.

A partir de la revisión, se compararon múltiples aspectos de la Agricultura Regenerativa y la agricultura convencional. Se observaron diferencias significativas en términos de su impacto ambiental, biodiversidad y salud del suelo, así como en la retención de carbono y emisiones. La Agricultura Regenerativa destacó por su enfoque hacia la restauración y conservación del suelo, promoviendo una mayor biodiversidad y una reducción en el uso de agroquímicos, lo que podría contribuir a la mitigación del cambio climático [1][2].

En cuanto a la productividad y rendimientos, la agricultura convencional mostró una ventaja a corto plazo, pero la Agricultura Regenerativa reveló un potencial a largo plazo para mantener o incluso mejorar los rendimientos, especialmente bajo condiciones cambiantes y desafiantes [5][10]. Además, se evidenciaron beneficios económicos y sociales en la implementación de la Agricultura Regenerativa, resaltando su potencial para promover la sostenibilidad económica y social a largo plazo [8][11].

Se identificaron ventajas y desventajas en ambos enfoques, destacando la necesidad de considerar la complejidad de la transición hacia la Agricultura Regenerativa. La comparación entre los sistemas reveló un escenario donde la Agricultura Regenerativa emerge como una alternativa potencialmente transformadora y más sostenible a largo plazo [12].

En la discusión, se resaltó el potencial de la Agricultura Regenerativa para transformar los sistemas agrícolas hacia la sostenibilidad, ofreciendo una visión integral que sugiere un camino prometedor para mitigar la degradación del suelo, mejorar la resiliencia climática y promover sistemas agrícolas más sostenibles y equitativos [11][8].

Los resultados de este estudio comparativo se muestran en la Tabla 2 de manera sintetizada destacando las ventajas y desventajas en la implementación de cada enfoque.

Tabla 2. Ventajas y Desventajas de la implementación de la Agricultura Regenerativa y la Agricultura Convencional.

Aspecto	Agricultura Regenerativa	Agricultura Convencional
Ambientales	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora la salud del suelo. - Promueve la biodiversidad. - Secuestra carbono. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requiere tiempo para manifestar beneficios ambientales. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maximiza rendimientos a corto plazo. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Degrada y erosiona el suelo. - Reduce la biodiversidad. - Emite GEI.
Económicos	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduce costos de insumos. - Aumenta productividad a largo plazo. - Oportunidades en mercados de carbono. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inversiones iniciales en capacitación y equipo. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maximiza productividad a corto plazo. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de insumos externos. - Dependencia de subsidios.
Sostenibilidad	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mantiene rendimientos a largo plazo. - Conserva recursos para futuras generaciones. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requiere cambio de mentalidad del productor. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna evidente. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agota recursos a mediano/largo plazo. - Insostenible en el tiempo.
Sustentabilidad	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Viabilidad económica de las operaciones. - Independencia de insumos externos. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requiere inversiones iniciales. 	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna evidente. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dependiente de insumos externos. - Vulnerable a vaivenes de precios.
Sociales	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oportunidades laborales locales. - Empodera a pequeños productores. <p>Desventajas:</p>	<p>Ventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ninguna evidente. <p>Desventajas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desplaza mano de obra.

Fuente Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El estudio teórico comparativo entre la Agricultura Regenerativa y la agricultura convencional reveló una diversidad de hallazgos significativos que enfatizan la importancia de considerar enfoques sostenibles en la agricultura. La Agricultura Regenerativa demostró ser un modelo prometedor con múltiples ventajas y desafíos en comparación con la agricultura convencional.

Los resultados reflejaron la capacidad de la Agricultura Regenerativa para promover la restauración y conservación del suelo, fomentando una mayor biodiversidad y reduciendo el uso de agroquímicos, elementos cruciales para mitigar el cambio climático a largo plazo. A pesar de que la agricultura convencional mostró ventajas a corto plazo en términos de productividad y rendimientos, la Agricultura Regenerativa presentó un potencial considerable a largo plazo, especialmente en condiciones cambiantes y desafiantes.

Además, se evidenciaron beneficios económicos y sociales al implementar la Agricultura Regenerativa, subrayando su capacidad para promover la sostenibilidad a largo plazo. La Agricultura Regenerativa emergió como una opción potencialmente transformadora, capaz de ofrecer soluciones a problemas sistémicos y promover la equidad social en sistemas agrícolas.

La comparativa entre ambos enfoques resaltó la importancia de considerar la complejidad en la transición hacia la Agricultura Regenerativa. Si bien la agricultura convencional mostró ventajas inmediatas, la visión a largo plazo de la Agricultura Regenerativa sugiere un camino más sostenible y resiliente para la agricultura. La implementación de prácticas regenerativas podría desempeñar un papel fundamental en la mitigación de la degradación del suelo y la promoción de sistemas agrícolas más sostenibles y equitativos.

Estas conclusiones subrayan la importancia de considerar los beneficios y desafíos de ambas modalidades para tomar decisiones informadas y estratégicas para el futuro de la agricultura. La Agricultura Regenerativa, con su énfasis en la restauración del suelo, la promoción de la biodiversidad y los beneficios económicos y sociales, muestra un potencial significativo para transformar los sistemas agrícolas hacia la sostenibilidad.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. G. Cusworth y T. Garnett, «What is regenerative agriculture?», jun. 2023. doi: 10.56661/2d7b8d1c.

[2]. C. White, «Why regenerative Agriculture?», *The American Journal of Economics and Sociology*, vol. 79, n.o 3, pp. 799-812, may 2020, doi: 10.1111/ajes.12334.

[3]. E. Gordon, F. Davila, y C. Riedy, «Regenerative Agriculture: a potentially transformative storyline

shared by nine discourses», *Sustainability Science*, vol. 18, n.o 4, pp. 1833-1849, feb. 2023, doi: 10.1007/s11625-022-01281-1.

[4]. R. Lal, «Restoring soil quality to mitigate soil degradation», *Sustainability*, vol. 7, n.o 5, pp. 5875-5895, may 2015, doi: 10.3390/su7055875.

[5]. J. P. Reganold y J. M. Wachter, «Organic agriculture in the twenty-first century», *Nature Plants*, vol. 2, n.o 2, feb. 2016, doi: 10.1038/nplants.2015.221.

[6]. R. C. Oelhof, *Organic agriculture: economic and ecological comparisons with conventional methods*. 1978. [En línea].

[7]. V. Seufert, N. Ramankutty, y J. A. Foley, «Comparing the yields of organic and conventional agriculture», *Nature*, vol. 485, n.o 7397, pp. 229-232, abr. 2012, doi: 10.1038/nature11069.

[8]. K. E. Giller et al., «Communicating complexity: Integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within African farming systems to support innovation and development», *Agricultural Systems*, vol. 104, n.o 2, pp. 191-203, feb. 2011, doi: 10.1016/j.agsy.2010.07.002.

[9]. J. Sumberg y K. E. Giller, «What is 'conventional' agriculture?», *Global Food Security*, vol. 32, p. 100617, mar. 2022, doi: 10.1016/j.gfs.2022.100617.

[10]. G. A. Musto, P. A. Swanepoel, y J. Strauss, «Regenerative Agriculture V. Conservation Agriculture: Potential effects on soil quality, crop productivity and whole-farm economics in Mediterranean-climate regions», *The Journal of Agricultural Science*, vol. 161, n.o 3, pp. 328-338, abr. 2023, doi: 10.1017/s0021859623000242.

[11]. A. Bless, F. Davila, y R. Plant, «A Genealogy of Sustainable Agriculture Narratives: Implications for the Transformative Potential of Regenerative agriculture», *Agriculture and Human Values*, may 2023, doi: 10.1007/s10460-023-10444-4.

[12]. J. A. Miller-Klugesherz y M. R. Sanderson, «Good for the soil, but good for the farmer? Addiction and recovery in transitions to Regenerative agriculture», *Journal of Rural Studies*, vol. 103, p. 103123, oct. 2023, doi: 10.1016/j.jrurstud.2023.103123.



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

El valor de los proveedores en la cadena de suministro sostenible en los Ingenios Azucareros



Colaboración

Ernesto Cavazos Reyes; Violeta Jiménez Zárate, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pánuco; Rodolfo Garza Flores; Saúl Santiago Cruz; Jarivanny Arlen Domínguez Montoya, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023

RESUMEN: Hoy en día las empresas se enfocan en la sostenibilidad, considerando la importancia del efecto a nivel global, es por ello por lo que en esta investigación se plantea el objetivo de establecer el valor de los proveedores de la Cadena de Suministro Sostenible (CCS) en ingenio azucarero de la huasteca veracruzana, se utilizó el método cualitativo mediante un estudio de caso en donde se realizaron un focus group con un guion de entrevista semiestructurada a gerentes de PYMES que proveen servicios a un ingenio azucarero y se encontró que estas agregan valor mediante su proceso a la cadena de suministro sostenible, con ello se concluye que cada empresa determina las acciones para contribuir a la sostenibilidad y que dimensión o pilar aportan: ambiental, social y económico.

PALABRAS CLAVE: cadena de suministro, competitividad, innovación, sostenibilidad, valor agregado.

ABSTRACT: Nowadays companies focus on sustainability, considering the importance of the effect at a global level, which is why this research aims to establish the value of suppliers in the Sustainable Supply Chain SSC in sugar mills in Huasteca Veracruz, the qualitative method was used through a case study where a focus group was carried out with a semi-structured interview script with managers of SMEs that provide services to a sugar mill and it was found that the service companies supplying the sugar mill added value through its process to the sustainable supply chain, this concludes that each company determines the actions that the company takes to contribute to sustainability and what dimension or pillar they contribute: environmental, social and economic.

KEYWORDS: supply chain, competitiveness, innovation, sustainability, added value.

INTRODUCCIÓN

La globalización permite que los servicios sean prestados a larga distancia, cuidando en todo momento que se cumpla la normatividad y estándares de calidad, para que estos se brinden en óptimas condiciones, por lo que implica altos niveles de logística y supervisión. El tener los servicios aplicados en la industria azucarera justo a tiempo, reduce costos que al final se verán reflejados en el costo del producto elaborado por los ingenios azucareros, obteniendo así un mayor rendimiento.

Hoy en día existen gran interés por cumplir con el enfoque de sostenibilidad, por lo tanto, las empresas buscan innovar sus produc-

tos y servicios para reducir la huella ecológica, así como mejorar sus finanzas y la competitividad [1]. La industria azucarera también se ha integrado a la dinámica de poseer Cadenas de Suministro Sostenible (CSS) la cual integra todas las actividades éticas y de medioambiente para generar un modelo competitivo. Para ello se deben considerar puntos críticos cualitativos y cuantitativos que ayuden a una evaluación correcta y constante [2] y dentro de sus principales objetivos es ser empresas sostenibles, cubriendo los tres ejes que son social, ambiental y económico, para mantener sus operaciones en el tiempo, sin comprometer los recursos del futuro, tal es el caso que han implementado el índice de sustentabilidad, con el fin de evaluar el rendimiento el desempeño de la industria [3]. El liderazgo de la cadena es esencial para el rendimiento a largo plazo [4]. Por otro lado, la globalización ha generado mayor competencia y ha forzado a las cadenas de suministros a ser más eficientes, para ello se deben reducir gastos, mejorar los canales de comunicación y atender las reclamaciones [5].

Para que una empresa logre agregar valor mediante una mayor competitividad, las organizaciones alinean y direccionan sus esfuerzos para integrar la cadena de suministro [6], la selección de proveedores resulta una de las actividades más relevantes de las empresas, para maximizar el rendimiento de las empresas [7], la cual, es vista tradicionalmente como base para conseguir precios competitivos, garantizando el suministro de bienes y servicios. Existe la creencia que entre mayor sea la competitividad, será más robusta la base del suministro, en el entendido que solo sobrevive el más apto [8]. Por otro lado, los procesos y procedimientos que operan dentro de las organizaciones incluyen: la producción, el almacenaje y distribución para administrar grandes proyectos. Con eso se reduce la complejidad en la toma de decisiones ya que cada elemento es tratado de manera independiente. Cuando una empresa no toma en consideración la independencia de los componentes, puede resultar más costoso debido a la globalización [9]. Dado este planteamiento se expresa el objetivo de la investigación, que es, establecer el valor de los proveedores de la cadena de suministro sostenible en ingenio azucarero de la huasteca Veracruzana.

La apertura comercial que conlleva la firma de tratados ha traído nuevas formas de hacer negocios, se han visto cambios, tales como, el comportamiento del consumidor, incremento en la velocidad de compraventa, aumento de competidores y mayor exigencia en la calidad de productos o servicios por parte de los consumidores. Las Pequeñas y Medianas Empresas PyMES nacionales, se enfrentan a la competencia de empresas extranjeras que ofrecen servicios de alta calidad a menor precio. La competitividad permite a las PyMES mexicanas hacer frente a los competidores, a raíz de estas situaciones, las empresas han adoptado la logística integrada, la cual se ha denominado: administra-

ción de cadenas de suministro. Por otro lado, el costo y el servicio alcanzan su máximo rendimiento, cuando existe coordinación y colaboración entre los miembros del canal de distribución, tal es el caso de las empresas que han logrado sobresalir al compartir información con sus proveedores; el manejo de inventarios a tiempo otorga un beneficio a ambas compañías [10].

Así pues, las cadenas de suministro en ocasiones deben tomar otras alternativas, tal es el caso, de cuando se comparten contratos, es decir, se hacen convenios para adquirir a menor precio los productos y se paga un porcentaje por la venta, esto ayuda a tener mayor cantidad de artículos y a reducir los costos de inversión inicial por pieza, en el caso de los minoristas requieren apoyo por parte de sus proveedores para que se dé continuidad en la relación [11].

PyMES competitivas y valor en la cadena de suministro sostenible

Es importante fortalecer la cadena de suministro, a través de relaciones duraderas con los proveedores, ya que de este modo se garantiza un abastecimiento adecuado y con altos estándares de calidad [12], la logística conlleva costos de transacción de la cadena de suministros [13]. Las PyMES como proveedoras, agregan valor, pero se enfrentan a varios elementos que pueden ser un riesgo para la cadena de suministro sostenible, primero las cuestiones legales, segundo que cuando se imponen códigos de conducta a los proveedores les lleva ocultar información de incumplimientos, por lo que ocurre una "simulación" [14], después se rigen por las demandas de los clientes, así como, la presión ambiental y social por parte de la comunidad y sobre todo la pérdida de reputación empresarial [15]. Por otra parte, Zhao et al., encontró que las empresas están interesadas en proveedores que poseen afinidad a sus objetivos de mejorar los productos y procesos [16].

Proposición 1: Las PyMES competitivas tienen preferencia como proveedores del ingenio azucarero por optimizar sus recursos y satisfacer las necesidades de sus clientes.

Cadena de suministro sostenible y su fortaleza por sus proveedores

Las empresas que proveen deben estar a la par de sus clientes para lograr el fortalecimiento de la cadena de suministro, los resultados de este análisis ayudarán a comprender los factores que influyen en la selección de proveedores y su efecto en las tomas de decisiones [17]. Cuando los directores de las organizaciones reconocen que la fuerza de su proveedor más débil es la que garantiza el éxito [18], ya que deben existir acoplamientos colaborativos, en los cuales, la optimización de precios se da cuando cada uno de los elementos que la componen están debidamente integrados [8]. Así, cuando los eslabones de la cadena se integra apropiadamente el rendimiento de la empresa tiende

a incrementarse [19], por el lado contrario cuando los proveedores incurren en malas prácticas, esto impacta de manera negativa a las empresas [20].

La cadena de suministro es un punto clave en la generación de estrategias empresariales, como lo son: a) la gestión de proveedores y b) la gestión de productos sostenibles [15]. Es por ello, que la gestión empresarial requiere de proveedores eficientes que a través del uso de las tecnologías en sus sistemas agreguen valor a la relación Business to Business, de este modo se logran cadenas de suministro robustas que optimizan el rendimiento de las empresas [21]. En años recientes, se han presentado cambios al modelo de negocios donde se incluye la política ambiental gubernamental y se requieren las acciones del cliente para fijar estrategias de sostenibilidad [22]. Se ha demostrado, que las presiones por parte de instituciones que regulan a las empresas en materia ambiental han dado mayor importancia en la adopción de prácticas internas y externas de las Cadenas de Suministros Sostenibles [23], para que las actividades de producción y agregar valor necesario para elaborar productos alimentarios [24]. Se puede decir, que el éxito de las cadenas de suministro entre empresas se debe a la confianza mutua entre las empresas, el beneficio percibido y el uso de las tecnologías [21] [25]. La cadena de suministro sostenible, se integran por tres dimensiones, social, económica y ambiental, pero la dimensión ambiental se ha adoptado con más fuerza en los últimos años en la empresa [15] [26], ya que han documentado la relevancia del tema encontrando 1758 de los 2495 artículos detectados en su investigación (70,46 %) en el periodo de 1990 a 2019 [27]. La sostenibilidad es prioridad para los ingenios azucareros.

Proposición 2: La cadena de suministro sostenible, es fortalecida por PyMES competitivas.

Este documento está integrado por cuatro apartados, en el primero está la introducción, donde se indica brevemente la importancia de realizar el estudio, en segundo lugar, se encuentra la material y métodos, en el tercer lugar se presentan los resultados donde se plasmará la realidad encontrada procedente del estudio de caso y finalmente se presentarán las conclusiones.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se desarrollará en la zona de la huasteca veracruzana, bajo el enfoque cualitativo este material proviene de un estudio de caso, utilizando la técnica de entrevista semiestructurada en un focus group, en donde se analizan diez gerentes de PYMES que proveen a un ingenio azucarero de la huasteca veracruzana.

Bajo el esquema que Yin, plantea para el diseño de la investigación cualitativa, con el debido rigor científico,

se describen a continuación las unidades de análisis, establecimiento del procedimiento para la interpretación de datos y los criterios para garantizar la calidad de la investigación.

Unidades de análisis, aspectos clave a responder a cada proposición

A continuación, se presentan las unidades de análisis, las cuales se integran por un Ingenio que pertenece a un grupo internacional, y diez empresas que son proveedoras del Ingenio en la zona huasteca Veracruzana.

Para la elección del Ingenio azucarero se estableció que debía cumplir con ciertas condiciones.

- Ser una empresa del sector azucarero, afiliada a la CNIAA.
- Pertenecer a un grupo internacional de ingenios azucareros.
- Tener al menos 5 años operando en México, como parte de un grupo internacional.
- Poseer el distintivo de Empresa Socialmente Responsable.
- Tener aseguramiento de calidad, a través de su certificado ISO 9001.
- Cumplir con los requerimientos ambientales, mediante la certificación ISO 14001.
- Poseer la certificación de OHSAS 18001, para garantizar la seguridad industrial.

Como las características que debían cumplir las empresas proveedoras, se determinó que:

- Empresas de servicios de tamaño pequeñas y medianas de acuerdo con su número de empleados [28].
- PYMES proveedoras del Ingenio en la cadena de entrada en la zona huasteca veracruzana.
- PYMES con contratos actuales dentro del Ingenio en la huasteca veracruzana.

Para analizar la cadena de suministro sostenible, de acuerdo a Seuring y Müller, se identifican tres dimensiones de la sostenibilidad, que son: económico, social y ambiental, para comprender de manera integral el comportamiento se incluirán las tres dimensiones las

Tabla 2. Unidades de análisis

Dimensiones	Categorías
Económico	Perfil socio económico.
Social	Seguridad y salud en el trabajo Acceso a la salud del trabajador. Acceso a la educación. Condiciones laborales y ambiente de trabajo.
Ambiental	Consumo de agua Uso de suelo. Manejo de residuos.

Fuente Elaboración propia.

cuales se muestran en la Tabla 1. Para realizar el estudio de caso se requiere establecer los criterios para garantizar la calidad de la investigación a través de la validez de construcción, la validez interna, la validez externa y la confiabilidad [29] (Ver

por los siguientes aspectos (Ver Tabla 3).

RESULTADOS

Ahora bien, se ha dado respuesta a la pregunta de investigación, se analizará el rechazo o no rechazo de las proposiciones planteadas.

Tabla 2. Unidades de análisis

Prueba	Táctica de caso de estudio	Fase de investigación en la que se produce la táctica
Validez de construcción	Se utilizarán múltiples fuentes de evidencia, en este caso el testimonio de diez gerentes de PYMES	Recopilación de datos
Validez interna	Se analizarán los patrones que se encuentren en los relatos de los entrevistados	Análisis de datos
Validez externa	Se ejecutará un estudio de caso que es el ingenio azucarero ubicado en la huasteca veracruzana	Diseño de investigación
Confiabilidad	Se realiza un protocolo para el estudio de caso	Recopilación de datos

Fuente Elaboración propia.

Tabla 2). Para estructurar la entrevista se consideraron las dimensiones de la sostenibilidad, que están integradas

Proposición 1: Las PyMES competitivas tienen preferencia como proveedores del ingenio por optimizar sus recursos y satisfacer las necesidades de sus clientes.

En este mismo sentido se analizan los resultados del grado de aceptación que tienen las PYMES de proveedores del ingenio (Ver Anexo 1).

Como resultado, se obtuvo el hallazgo de que las PyMES competitivas tienen preferencia como proveedores del Ingenio, porque al cumplir los requerimientos establecido, demostrar su talento y ofrecer precios competitivos, mantienen sus contratos durante los periodos de reparación y zafra, por lo que no se rechaza la proposición.

Continuando con la investigación, se analizaron los resultados, para responder a la siguiente proposición (Ver Anexo 2).

Proposición 2: La cadena de suministro sostenible, es fortalecida por PyMES competitivas.

En este tenor, se puede decir que no se rechaza la proposición, porque las PyMES proveedoras del ingenio, fortalecen su cadena de suministro, prestando sus servicios, en la etapa upstream atendiendo los requerimientos de comercialización que marcan los clientes finales al ingenio, siendo contantes en sus contratos y por planear sus actividades con su personal.

CONCLUSIONES

La clave para lograr una industria cañera sostenible en sus tres ejes: económico, social y ambiental; requiere que toda su cadena de suministro tenga las prácticas sostenibles que se han plasmado en este artículo. No solo bastará que las unidades industriales cumplan con todos los aspectos socioeconómicos y ambientales, sino que hoy, los mercados y propiamente los clientes demandan que la cadena de suministro de la industria azucarera completa sea sostenible y competitiva, ya que desde su punto de vista las unidades industriales son corresponsables de su misma cadena.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. Lis, A. Sudolska y M. Tomanek, «Mapping research on sustainable supply-chain management.,» *Sustainability*, vol. 12, n°10, pp. 1-26, 2020.

[2] Y. Liu, C. Eckert, G. Yannou-Le Bris y G. Petit, «A fuzzy decision tool to evaluate the sustainable performance of suppliers in an agrifood value chain,» *Computers & Industrial Engineering*, vol. 127, pp.

Tabla 2. Unidades de análisis

Clave	Unidad de análisis
E00	Ingenio de la huasteca veracruzana
E01	Empresa "01"
E02	Empresa "02"
E03	Empresa "03"
E04	Empresa "04"
E05	Empresa "05"
E06	Empresa "06"
E07	Empresa "07"
E08	Empresa "08"
E09	Empresa "09"
E10	Empresa "10"

Fuente Elaboración propia.

196-212, 2019.

[3] CONADESUCA, «SI-SUSTENTABILIDAD,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.gob.mx/conadesuca/que-hacemos>.

[4] J. M. C. Flórez y C. R. Vásquez, «Prácticas de responsabilidad sostenible de cadenas de suministro: Revisión y propuesta.,» *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 24, n°87, pp. 668-683, 2019.

[5] D. J. y G. P. M. Thomas, «Coordinated supply chain management,» *European Journal of Operational Research*, vol. 94, n°1, pp. 1-15, 1996.

[6] M. D. Drango Serna, G. Pérez y C. A. Arango, «Decisiones en la Gerencia de la Cadena de Suministro,» *Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia*, vol. 5, n°2, pp. 87-92, 2008.

[7] O. F. Gahona-Flores y F. Juárez-Rubio, «Metodologías para seleccionar proveedores en la cadena de suministro de la minería del cobre en Chile,» *Información tecnológica*, vol. 33, n°3, pp. 107-116, 2022.

[8] J. Spekman y N. Myhr, «An International Journal a perspective on partnerships An empirical investigation into supply chain management : a perspective on partnerships.,» *Supply Chain Management*, vol. 3, n°2, pp. 53-67, 2005.

[9] D. J. Thomas y P. M. Griffin, «Coordinated supply chain management,» *European Journal of Operational Research*, vol. 94, n°1, pp. 1-15, 1996.

[10] R. H. Ballou, *Logística. Administración de la cadena de suministro.*, México: Prentice Hall. Pearson Educación., 2004.

[11] G. P. Cachon y M. A. Lariviere, «Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations,» *Management Science*, vol. 51, n°1, pp. 30-44, 2005.

[12] S. T. Zhao, K. Wu y X. M. Yuan, «Optimal production-inventory policy for an integrated multi-stage supply chain with time-varying demand.,» *European Journal of Operational Research*, vol. 255, n°2, pp. 364-379, 2016.

[13] V. I. Balza-Franco y D. A. Cardona-Arbelaez, «Balza-Franco, V. I., & Cardona-Arbelaez, D. A. (2020). La relación entre logística, cadena de suministro y competitividad: una revisión de literatura,» *Revista ESPACIOS*, vol. 41, n°19, p. 18, 2020.

[14] M. Alghababsheh y D. Gallear, «Gestión socialmente sostenible de la cadena de suministro y

desempeño social de los proveedores: el papel del capital social,» *Revista de Ética Empresarial*, vol. 173, pp. 855-875, 2021.

[15] S. Seuring y M. Müller, «From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, n°15, pp. 1699-1710, 2008.

[16] S. T. Zhao, K. Wu y X. M. Yuan, «Optimal production-inventory policy for an integrated multi-stage supply chain with time-varying demand,» *European Journal of Operational Research*, vol. 255, n°2, pp. 364-379, 2016.

[17] O. F. Gahona-Flores y F. Juárez-Rubio, «Gahona-Flores, O. F., & Juárez-Rubio, F. (2022). Metodologías para seleccionar proveedores en la cadena de suministro de la minería del cobre en Chile,» *Información tecnológica*, vol. 33, n°3, pp. 107-116, 2022.

[18] E. Koberg y A. Longoni, «A systematic review of sustainable supply chain management in global supply chains,» *Journal of cleaner production*, vol. 207, pp. 1084-1098., 2019.

[19] W. Liu, B. Liu, O. Tang, L. Chen y X. Liu, «An empirical examination of the contents and evolution of the composing factors of logistics enterprise competitiveness : a perspective from,» *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 17, p. 459-484, 2014.

[20] V. H. Villena y D. A. Gioia, «A more sustainable supply chain,» *Harvard Business Review*, vol. 98, n°2, pp. 84-93, 2020.

[21] M. Fuentes-Blasco, B. Moliner-Velázquez y I. Gil-Saura, «Exploring relationship variables and Information and Communication Technologies use in industrial segmentation. *Management Decision*,» *Management Decision*, vol. 55, n°7, pp. 1441-1459, 2017.

[22] J. Jayaram y B. Avittathur, «Green supply chains: A perspective from an emerging economy. 164, .,» *International Journal of Production Economics*, vol. 164, p. 234-244, 2015.

[23] Q. Zhu, J. Sarkis y K. Lai, «Institutional-based antecedents and performance outcomes of internal and external green supply chain management practices.,» *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 19, n°2, pp. 106-117, 2013.

[24] FAO, «Plataforma de conocimientos sobre las cadenas de valor alimentarias sostenibles,» 2022. [En línea]. Available: [66](https://alimentaods.org/noti-</p></div><div data-bbox=)

cias/cadenas-de-valor-alimentarias-sostenibles/.

[25] Z. M. X. Z. T. y. C. Y. Chen, «Selección sostenible de proveedores para una cadena de suministro inteligente considerando la incertidumbre interna y externa: un enfoque integrado aproximado y difuso,» *Computación blanda aplicada*, vol. 87, n°10, 2020.

[26] R. Dekker, J. Bloemhof y I. Mallidis, «Operations Research for green logistics - An overview of aspects, issues, contributions and challenges,» *European Journal of Operational Research*, pp. 671-679, 2012.

[27] R. A. Gómez-Montoya, A. Zuluaga-Mazo, N. P. Ceballos-Atehortua y D. Palacio-Jiménez, «Gestión de la cadena de suministros y productividad en la literatura científica,» *I+ D Revista de Investigaciones*, vol. 14, n°2, pp. 40-51, 2019.

[28] INEGI, «Micro, pequeña, mediana y gran empresa: Estratificación de los establecimientos. México. Retrieved from,» 2009. [En línea]. Available: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/pdf/Mono_Micro_peque_mediana.pdf.

[29] R. Yin, *Case study research : design and methods*, Sage Publications, 2003.

Anexo 1. Resultados de entrevistas y análisis el grado de aceptación que tienen las PyMES competitivas como proveedores del Ingenio.

Unidad de análisis	Análisis	Transcripción de entrevistas
Ingenio	Para el ingenio, las PyMES que prestan el servicio de proveeduría, deben ser competitivas, y este nivel lo han ganado ciertas empresas quienes han mantenido su relación comercial con el ingenio por años y adoptando en sus operaciones las recomendaciones del ingenio sobre el cumplimiento legal de acuerdo a sus recursos y capacidades*.	E00 "han buscado mucho atraer talento y sobre todo retenerlo"...
Empresa "01"	La empresa "01" prestadora de servicios para el ingenio, reconoce que son justos los tiempos de reparación y zafra en los que trabajan porque al cumplir con los requerimientos que les marca el ingenio, continúan vigentes sus contratos todo el año y eso habla de una relación sólida entre el proveedor y la fábrica.	E01... "parte de nosotros como contratistas realmente nosotros valoramos también los tiempos y los espacios en los cuales trabajamos al Ingenio este son justos"...
Empresa "02"	Para esta proposición, la empresa "02", señala que a través de ofrecer costos bajos se han logrado mantener dentro de la cadena de suministro del ingenio, porque sus contratos, al igual que la empresa "01", se dan en el periodo de reparación y de zafra.	E02... "el 80% de la población se sostiene del Ingenio directa o indirectamente entonces nada más ocupamos la temporada de reparación y la temporada de zafra de molienda en la cual existen muchas empresas nuevas y añejas, verdad, que están abatiendo un poco a poco los costos con tal de ganar un concurso de obra"...
Empresa "03"	El administrador de la empresa "03" hace énfasis en que su valor radica en la calidad de sus servicios y esto los hace tener un alto nivel de competitividad.	E03 ... "Porque es la empresa de consultoría con mayor conocimiento de la industria y de la cadena de suministros. El personal que la integra son gente muy experimentada y de muchos años dentro de la industria azucarera en México, Centroamérica y en el Caribe"...
Empresa "04"	La empresa E04 sugiere que para lograr la competitividad en su empresa ha apostado por la capacitación y que esta cualidad los hace parte de la CCS.	E04 ... La empresa brinda capacitación a las proveedoras por lo cual nos da la oportunidad de mejorar nuestro desempeño al interior de la empresa...
Empresa "05"	Para el administrador de la E05 los estándares de su empresa subieron cuando el ingenio marco requisitos, eso los hizo adoptar las buenas practicas	E05... si de alguna manera es un requisito cumplir con lo que solicitan y es por eso que nosotros también mejoramos nuestros servicios para estar a la altura de la situación...
Empresa "06"	Dentro de lo mas relevante para ofrecer un servicio de calidad para la empresa E06, se encuentra la adquisición de herramienta y equipos para ser una empresa competitiva que fortalezca su vínculo con el ingenio.	E06... como empresa hemos adquirido herramientas y equipos para prestar un servicio de calidad...
Empresa "07"		E07... la capacitación es lo más importante nuestro personal esta preparado para resolver las situaciones que se le presentan...
Empresa "08"		E08... la calidad implica muchas cosas una de ellas es que nuestra empresa se va transformando en una empresa competitiva por lo cual es mas solicitada por los servicios que ofrece...
Empresa "09"		E09 ... nuestra empresa se esmera en ofrecer calidad, si bien es cierto que eso se complica a la hora de fijar el precio porque al haber competencia debemos cuidar este aspecto...
Empresa "10"		E10.. aquí todos participamos para ser una empresa competitiva, esto ha dado como resultado que nos sigan requiriendo para prestar servicios...

Fuente: Elaboración propia con información recabada en focus group.

*Derivados del análisis documental, se observa que las PyMES proveedoras deben de cumplir requisitos basados en la calidad y precios competitivos.

Anexo 2. Resultados de entrevistas y análisis de como la CSS es fortalecida por las PyMES.

Unidad de análisis	Análisis	Transcripción de entrevistas
Ingenio	Ahora bien, para responder a esta proposición, el ingenio posee una gerencia en logística para la operación, vigilancia y control de la cadena de suministro sostenible, identificado dos etapas <i>upstream</i> y <i>downstream</i> . Para esta investigación nos centramos en la primera <i>upstream</i> , pero en ambos casos las empresas fortalecen a la cadena de suministro del ingenio.	E00...“la cadena de suministro precisamente del ingenio tiene dos partes se dividen dos partes está la parte de entradas al proceso productivo qué es el almacén de materiales todas y refacciones todo lo que se guarda y la parte de compras”... E00 ...se trata de tomar el azúcar y la melaza como productos terminados y llevarlo al cliente todo lo que hay en medio que abarca almacenamiento transporte exportaciones y el seguimiento de la comercialización de la azúcar y la melaza que hay aquí en México...
Empresa “01”	Para la empresa “01”, enfocada a dar servicio en la primera parte del proceso de producción que es batey, una de la forma de fortalecer la cadena de suministro del ingenio, es cumplir con los requerimientos que le permite, mantener su contrato durante las dos temporadas.	E01... “Nosotros no avocamos prácticamente en el primer proceso”... E01 ...”estamos un poquito mejor desde tanta en reparación Cómo es ahora tenemos trabajo”...
Empresa “02”	El propietario y administrador de esta empresa señala que una de la forma de fortalecer la cadena es ser competitivo, al prestar servicio con personal calificado para la construcción. Con los cuales trabaja de manera ordenada en base a un plan de trabajo.	E02...“tengo 3 personas de confianza que siempre son permanentes que siempre están en la nómina uno es un ingeniero mecánico que tengo como encargado de suministros de materiales, conexiones y permisos y en la parte de albañilería tengo un jefe de albañiles que es como él capataz en el cual Él es el único que le doy las instrucciones y le doy planos y y él se encarga de interpretarlos y dar las órdenes con los albañiles y tengo un encargado de seguridad industrial” E02 ...”estoy en la media en el rango medio”...
Empresa “03”	El administrador de la empresa señala que su servicio es a todo el personal de fábrica y de campo, precisamente para capacitarlos en temas de sostenibilidad.	E03 ... “es proporcionar capacitación a todos los trabajadores de las áreas de fábrica y campo sobre los estándares de sostenibilidad y buscar una certificación en este rubro. De igual manera se le apoya al ingenio para hacer auditorias y análisis de brechas y establecer los planes de mejora en búsqueda del cumplimiento de los estándares”...
Empresa “04”	En la empresa E04, se reconoce la importancia de mejorar como empresa	E04 ...La cadena de suministro se fortalece en medida que nosotros cumplimos, si nosotros nos comprometemos a mejorar el ingenio también va a mejorar...
Empresa “05”	Para el encargado de la empresa E05, es importante la colaboración entre las empresas para fortalecer la CCS	E05 ... el crecimiento y apoyo es mutuo, es decir, si ellos hacen el esfuerzo por apoyarnos, nosotros también haremos el esfuerzo para mejorar, es un ganar ganar...
Empresa “06”	Para la empresa E06, cada vez hay nuevos lineamientos que cumplir, aunque tienen que adaptarse lo ven como algo positivo.	E06 ... cada vez que surgen nuevos requisitos por los compradores finales se hacen ajustes en la empresa y eso nos repercute a nosotros poque también tenemos que ajustarnos a las nuevas normativas, eso ha dado pie a mejorar nuestra empresa...
Empresa “07”	Para el administrador del E07 es importante saber adaptarse a los requisitos del cliente	E07 ... la cadena de suministro sostenible aborda muchos aspectos, nosotros a través de nuestro servicio tratamos de colaborar en el sentido que así se requiera...
Empresa “08”	El administrador de la empresa E08 manifiesta que para lograr un trabajo eslabonado en la CCS todos deben de colaborar.	E08 ... esta industria es muy demandante y para poder lograr el objetivo final todos debemos de contribuir, con nuestra participación logramos un trabajo armonioso y de calidad...
Empresa “09”	Para la empresa E09 se ha requerido invertir para mejorar la competitividad de la empresa.	E09 ... todos los cambios que hemos realizado para ser parte de la cadena del ingenio han requerido inversión, sin embargo, esto también nos trae mayor competitividad a nuestra empresa...
Empresa “10”	Para la E10 las empresas competitivas si contribuyen con la cadena ya que se ha dado un cambio cultural.	E10 ... si estamos conscientes del valor que aportamos con nuestros servicios de calidad, tendremos en mente una cultura de trabajo enfocada a la calidad y eso nos lleva reducir errores y mantenernos competitivos dentro del mercado.

Fuente: Elaboración propia con información recabada en focus group.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Efecto de compuestos de Aluminio, Bismuto, Hierro y Plomo sobre la germinación y crecimiento de plántula de sandía de ratón (*Melothria scabra*)

RESUMEN: En el presente estudio, se determinó el efecto toxicológico de cuatro metales pesados (Al, Bi, Fe y Pb) en la germinación y el crecimiento de plántulas de la especie vegetal "sandía de ratón" (*Meritoria scabra*), la cual produce frutos comestibles no convencionales. Se empleó la técnica de papel húmedo bajo condiciones ambientales de iluminación, humedad y temperatura, utilizando un diseño experimental de bloques.

Para la variable porcentaje de germinación, se observaron cambios marginales debido a la presencia de aluminio, mientras que el bismuto redujo el tiempo de inicio de la germinación. En contraste, las concentraciones de hierro a 1500 mg/L y plomo a concentraciones superiores a 22.5 mg/L mostraron una disminución significativa en el porcentaje acumulado de germinación.

En la etapa de crecimiento de las plántulas, evaluada a través de la longitud del tallo y la raíz, así como el peso de la plántula, se observaron variaciones moderadas en presencia de aluminio, bismuto y plomo en comparación con el grupo de control. Por otro lado, la presencia de hierro a concentraciones de 1500 mg/L inhibió el desarrollo de las plántulas. Es importante destacar que *M. scabra* exhibió una relativa alta tolerancia a la presencia de los metales pesados evaluados.

PALABRAS CLAVE: Crecimiento de la plántula, Germinación, *Melothria scabra*, Metales pesados, Fitotoxicidad.



Colaboración

Rubén Enrique Cuevas Alarcón; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Vazquez; Escuela de Bachilleres Artículo Tercero Constitucional, Jose Guillermo Franzua Perdomo; Arturo Cabrera Hernandez, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Mianztlá

Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 15 de diciembre de 2023

ABSTRACT: In the present study, the toxicological effect of four heavy metals (Al, Bi, Fe and Pb) was determined on the germination and growth of seedlings of the plant species "mouse watermelon" (*Melothria scabra*), which produces edible fruits. not conventional. The wet paper technique was used under environmental conditions of lighting, humidity, and temperature, using a block experimental design.

For the germination percentage variable, marginal changes were observed due to the presence of aluminum, while bismuth reduced the germination start time. In contrast, iron concentrations at 1500 mg/L and lead at concentrations higher than 22.5 mg/L showed a significant decrease in the cumulative percentage of germination.

In the seedling growth stage, evaluated through stem and root length, as well as seedling weight, moderate variations were observed in the presence of aluminum, bismuth and lead compared to the control group. On the other hand, the presence of iron at concentrations of 1500 mg/L inhibited the development of seedlings. It is important to highlight that *M. scabra* exhibited a relatively high tolerance to the presence of the heavy metals evaluated.

KEYWORDS: Seedling growth, Germination, *Melothria scabra*, Heavy metals, Phytotoxicity.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la contaminación del suelo por metales pesados (MP) es un problema a escala global, relacionado a la actividad geológica y antropogénica que se desarrolla alrededor del mundo [1]. Diversos estudios en los 5 continentes han demostrado que los niveles de metales pesados han aumentado en la atmósfera, agua y tierra, convirtiendo a la humanidad en el principal factor global en el ciclo bio-geoquímico de estos elementos [2]. Un estudio realizado por la

Unión Europea (UE) en el año 2016 menciona que el 6.24% de la superficie de Europa está contaminada por algún metal pesado [3].

La ONU en su reporte del 2015 sobre “Los Recursos Del Suelo En El Mundo”, estima que la contaminación química es uno de los factores responsables de la degradación del suelo, especialmente en países de desarrollo rápido, con alto índice demográfico y bajo ingreso económico, como lo es China, India y Latinoamérica debido a que la regulación, gestión y mitigación han tenido serias dificultades para seguir el ritmo de la liberación de estos metales al suelo [4].

Aunque algunos metales pesados, denominados micronutrientes presentan función biológica y son vitales para diferentes organismos, tales como: zinc (Zn), arsénico (As), cromo (Cr), níquel (Ni) y cobre (Cu), otros carecen de función biológica definida como mercurio (Hg), plomo (Pb), cadmio (Cd), sin embargo todos ellos a altas concentraciones causan desordenes adversos en el funcionamiento celular de toda forma de vida [5], incluyendo la interacción con las plantas y los cultivos agrícolas, los cuales durante su desarrollo se comportan como estaciones de bombeo impulsadas por energía solar que pueden acumular contaminantes de su entorno inmediato, dentro de los límites de tolerancia de la planta [6], [7].

Diversos estudios han demostrado efectos positivos y negativos de los MP sobre la germinación en forma dependiente de la concentración, manifestándose en anomalías y disminución en los porcentajes de germinación [8]. Sin embargo, los modelos empleados se han limitado al estudio de semillas convencionales de valor agrícola, nutricional o medicinal. El estudio de semillas no convencionales no ha sido estudiado a profundidad, aunque desempeñan un papel fundamental en la preservación de la biodiversidad y la salud de los ecosistemas [9].

El estado de Veracruz, México cuenta con una gran riqueza de plantas silvestres. La “sandía de ratón” (*Melothria scabra*) es una planta enredadera que produce un fruto comestible ovoide, llamado coloquialmente “melón de ratón”, “cucamelón” o “sandía de ratón” con sabor a pepino fresco, de 1 a 3 cm de largo, de color verde moteado y en su interior contiene semillas ovaladas de color blanco-amarillo muy apreciada en la región centro del estado de Veracruz, donde crece favorablemente en bosques tropicales y bosque mesófilo de montaña [10], [11].

En el presente estudio se evaluarán los efectos de cuatro metales pesados: aluminio, bismuto, hierro y plomo sobre la germinación de semillas de *M. scabra* y el crecimiento de sus plántulas, a fin de determinar la susceptibilidad de esta especie silvestre frente a tales insultos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico

Frutos de *M. scabra* fueron adquiridos en un mercado de productos vegetales en la ciudad de Xalapa, Veracruz, en el mes de noviembre del 2021. Cada fruto fue lavado, cortado, despulpado manualmente, y las semillas recuperadas por medio de un tamiz plástico, en donde se lavaron hasta eliminar la pulpa y solo dejar la semilla. La semilla se secó sobre papel filtro a temperatura ambiente y fue almacenada a una temperatura de 4°C hasta su empleo.

Preparación de soluciones de metales pesados

A fin de evaluar cada uno de los metales en estudio, se prepararon soluciones con sales para las diferentes concentraciones evaluadas. Se prepararon 150 ml de soluciones acuosas de cloruro de aluminio (AlCl_3) a 5, 10, 15, 20 y 25 mg/L, nitrato de bismuto ($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) a 0, 7.5, 30, 52.5, 75, 150 mg/L., cloruro férrico (FeCl_3) a 0, 1.5, 15, 150, 1500 mg/L, acetato de plomo $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ a 3.75, 7.5, 15, 22.5, 37.5 mg/L.

Ensayos de germinación

Para la realización de los ensayos se usaron cajas petri, en las cuales se colocó papel filtro impregnado con 12 ml de cada una de las soluciones de los cuatro metales evaluados, además de un control negativo de agua purificada comercial.

Sobre el papel se colocaron 25 semillas espacialmente distribuidas y se dejaron germinar bajo condiciones ambiente de humedad, iluminación y temperatura. Para compensar el agua evaporada, se adicionaron 1ml de agua cada cuatro días. Cada caja fue rotulada apropiadamente y se realizaron tres replicas en paralelo de acuerdo con un diseño experimental por bloques. Las cajas petri fueron distribuidas al azar en la superficie donde se realizó el experimento, a fin de homogeneizar las condiciones de iluminación. Se consideraron semillas germinadas aquellas donde la radícula alcanzó un tamaño de 2 mm. Al día once posterior a la germinación, se tomaron las medidas de longitud de tallo y raíz, así como el peso de cada plántula.

Análisis estadístico

Para la recolección y el análisis descriptivo de datos se utilizó el programa EXCEL® 2013. Se analizó el comportamiento normal de las variables aplicando la prueba de Shapiro-Wilks y para el análisis de varianzas se aplicó la prueba de Levene. A fin de determinar diferencias significativas entre grupos se aplicó el análisis ANOVA y como prueba post-hoc la prueba de Tukey empleando el programa minitab® 2017.

RESULTADOS

Resultados de pruebas de Germinación

En la Figura 1 se presenta el porcentaje de germinación de *M. scabra* en presencia de concentraciones crecientes de aluminio (Figura 1A), bismuto (1B), hierro (1C)

y plomo (1D). En presencia de agua (control negativo), el inicio de la germinación es el día 4 alcanzando al día 11 valores cercanos al 100% de germinación (Tabla 1). En un reporte previo, Cuevas-Alarcón R.E. et al, 2022, reportan un tiempo de inicio de la germinación de 10 días para *M. scabra* y 20 días para alcanzar el 100% de germinación [13]. La diferencia entre los valores reportados y los encontrados en este estudio estarían asociados a las condiciones de temperatura, iluminación y humedad donde se llevaron a cabo los ensayos, ya que en ambos casos se llevaron a cabo bajo condiciones ambiente, lo cual promovería una gran fuente de variación en las condiciones de incubación al desarrollar ambos estudios.

La adición de aluminio no tuvo efectos significativos en el porcentaje acumulado de germinación alcanzando valores cercanos al 100%. Solo se observó un ligero incremento en el porcentaje de germinación a la concentración de 25 mg/L de aluminio (Figura 1A). Aunque se ha reportado sensibilidad en trigo [14], arroz y garbanzo [15] a aluminio, bajo similares concentraciones *M. scabra* manifiesta tolerancia a las concentraciones evaluadas.

La presencia de Bi reduce el tiempo de inicio de la germinación a dos días y se alcanza el 100% de la germinación al día 7 a concentraciones menores a 52.5 mg/L en contraste a 10 días para el control negativo; por lo tanto, el Bi promueve la germinación de *M. scabra* (Figura 1B y Tabla 1).

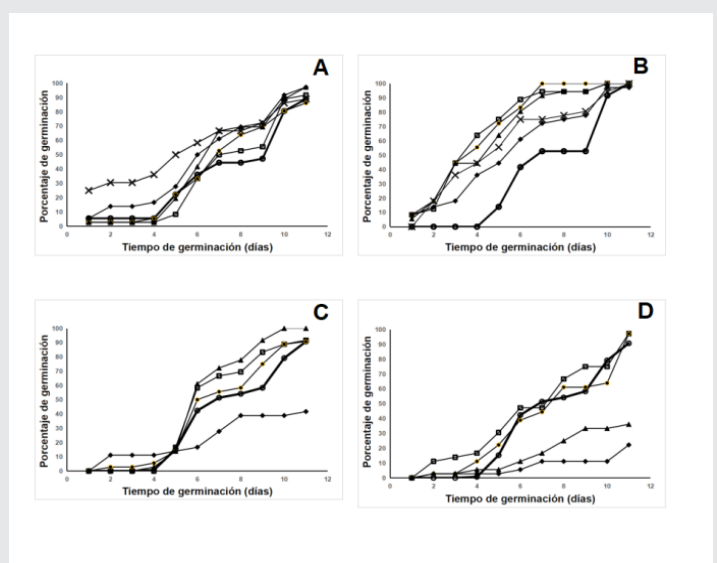


Figura 1: Gráfica del porcentaje acumulado de germinación de *M. scabra* en presencia de diversas concentraciones de metales pesados. Semillas de *M. scabra* fueron germinadas en presencia de 0 (●), 5 (●), 10 (■), 15 (▲), 20 (◆) y 25 (X) mg/L de $AlCl_3$ (panel A); 0 (●), 7.5 (●), 30 (■), 52.5 (▲), 75 (◆) y 150 (X) mg/L de $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ (panel B), 0 (●); 1.5 (●), 15 (■), 150 (▲), 1500 (◆) mg/L de $FeCl_3$ (panel C) y 0 (●), 3.75 (●), 7.5 (■), 15 (▲), 22.5 (◆), 37.5 (X) mg/L de $Pb(C_2H_3O_2)_2$ (panel D). Fuente: Elaboración propia.

El Bi es considerado un metal verde, y por su baja toxicidad un reemplazo común del plomo en ciertas aplicaciones industriales [16] promoviendo con ello un incremento en su presencia en el medio ambiente [17], sin embargo, diferentes autores han encontrado efectos fitotóxicos asociados a la presencia de Bi durante la germinación en papel o suelo de diversos modelos vegetales [17,18]; sin embargo, tales efectos son reportados a valores superiores a 242 mg/L de $BiNO_3$ para semillas de pasto perenne (*Lolium perenne* L), concentración superior al evaluado en este estudio, el cual alcanzó un valor de tolerancia de 150 mg/L de $BiNO_3$ durante su germinación. La potenciación observada podría estar asociada al metal Bi, aunque es posible la participación del contraión nitrato (NO_3^-), dado que diferentes reportes le asocian un papel de promotor de la germinación en diferentes especies vegetales, como nutriente y como molécula de señalización [19], [20].

Se deben realizar más estudios para discriminar los efectos individuales del Bi y del NO_3^- . durante la disminución del tiempo inicial y el porcentaje de germinación.

Tabla 1. Datos del porcentaje acumulado de germinación de *M. scabra* en presencia de diferentes metales pesados.

Tipo de metal pesado	Concentración (mg/ml)	Porcentaje acumulado de germinación (día 11)
Aluminio	0	88.88 ± 4.81
	5	88.88 ± 8.33
	10	97.22 ± 17.34
	15	97.22 ± 4.81
	20	86.11 ± 4.81
	25	91.66 ± 19.24
Bismuto	0	100
	7.5	100
	30	100
	52.5	100
	75	97.22 ± 4.81
	150	100
Hierro	0	90.74 ± 12.72
	1.5	91.66 ± 9.62
	15	90.74 ± 4.81
	150	100
	1500	41.66 ± 4.81 *
	Plomo	0
3.75		97.22 ± 4.81
7.5		97.22 ± 4.81
15		36.11 ± 9.62 *
22.5		22.22 ± 5.89 *
37.5		0

Fuente: Elaboración propia.

Para el hierro (Fe), la adición de éste presentó diferencias con el control por lo que se deben realizar más estudios para discriminar los efectos individuales del Bi y del NO_3^- . durante la disminución del tiempo inicial y el porcentaje de germinación. Únicamente a la mayor concentración evaluada (1500 mg/L), donde se observó una disminución significativa en el porcentaje de germinación (Figura 1C). Cabe señalar que se aplicó un

incremento geométrico en la concentración de hierro, con un incremento de diez veces la concentración previa. El hierro es un elemento esencial y participa como elemento central en procesos tales como la fotosíntesis, síntesis de clorofila, así como el funcionamiento del cloroplasto.

Sin embargo, diversos estudios demuestran que su presencia a altas concentraciones es tóxica para la planta. En tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill) [21] y *Festuca rubra* ssp. *commutata* [22] se observa un comportamiento similar, donde a concentraciones mayores a 1000 mg/L se observa una disminución severa por la presencia de $FeCl_3$ en la germinación de estas semillas.

El Plomo (Pb) es uno de los elementos tóxicos más abundantes y distribuidos únicamente en el suelo, ejerciendo diferentes efectos adversos asociados a la inhibición de las actividades enzimáticas, desequilibrio hídrico, alteraciones en la permeabilidad de la membrana y en la nutrición mineral, así como estrés oxidativo [23].

En la Figura 1D se observa una disminución significativa en la germinación a valores de 22.5 y 37.5 mg/L del acetato de plomo, tolerancia similar a los valores reportados para variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) [21], aunque por abajo de los reportados para *Festuca rubra* ssp. *Commutata* [22] y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), rábano (*Raphanus sativus* L. var. *radicola*), zanahoria (*Daucus carota* L.), lechuga (*Lactuca sativa* L.) y col de Bruselas (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) [24]. Es importante señalar que la disociación del acetato de plomo permite simultáneamente la liberación del contraión acetato, al cual se le ha asociado cierta capacidad de inhibición de la germinación, la cual podría presentar efecto sinérgico con los del plomo [24].

Efectos sobre la longitud de raíz y tallo, así como peso de plántula

El Al promueve un aumento moderado y significativo en la longitud de tallo (Figura 2A) y una disminución sostenida significativa en la longitud de raíz (Figura 3A). El peso de la plántula no muestra una tendencia y solo presenta una moderada variación significativa a las concentraciones evaluadas (Figura 4A).

Se ha demostrado que la tolerancia a la presencia de Al es dependiente con el tipo de semilla evaluado, sin embargo, para aquellas semillas sensibles al Al, se sugiere un incremento en los niveles intracelulares de Al en radícula y plúmula, los cuales estarían asociados a las alteraciones observadas durante el crecimiento de la plántula [19].

La presencia de Bi disminuye en forma moderada la longitud de tallo y raíz (Figuras 2B y 3B) así como un

aumento significativo en el peso de la plántula (Figura 4B), a las concentraciones evaluadas. La presencia de Bi estaría asociado a una promoción de la germinación, aunque con un efecto nocivo en el establecimiento de la plántula, sin embargo, muestra mayor tolerancia que las reportadas para pasto perenne (*Lolium perenne* L), a concentraciones similares [18].

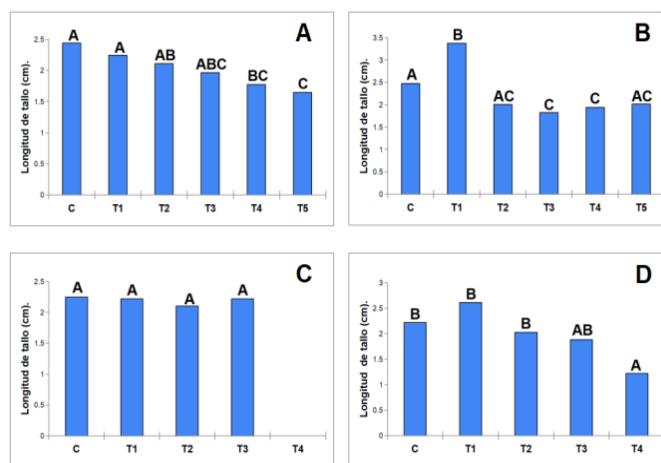


Figura 2. Gráfica de longitud de tallo de plántulas de *M. scabra* en presencia de diversas concentraciones de metales pesados. Se presenta la longitud de tallo de plántulas de *M. scabra* germinadas en presencia de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 mg/L de $AlCl_3$ (panel A); 0, 7.5, 30, 52.5, 75 y 150 mg/L de $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ (panel B); 0, 1.5, 15, 150 y 1500 mg/L de $FeCl_3$ (panel C) y 0, 3.75, 7.5, 15, 22.5, 37.5 mg/L de $Pb(C_2H_3O_2)_2$ (panel D).

Fuente: Elaboración propia.

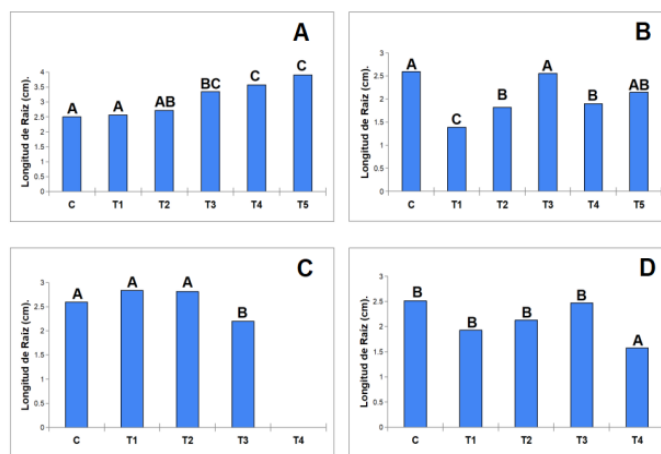


Figura 3. Gráfica de longitud de raíz de plántulas de *M. scabra* en presencia de diversas concentraciones de metales pesados. Se presenta la longitud de raíz de plántulas de *M. scabra* germinadas en presencia de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 mg/L de $AlCl_3$ (panel A); 0, 7.5, 30, 52.5, 75 y 150 mg/L de $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ (panel B); 0, 1.5, 15, 150 y 1500 mg/L de $FeCl_3$ (panel C) y 0, 3.75, 7.5, 15, 22.5, 37.5 mg/L de $Pb(C_2H_3O_2)_2$ (panel D).

Fuente: Elaboración propia.

No se observaron efectos significativos en Fe para longitud de tallo y raíz, así como peso de plántula (Figura 2C, 3C y 4C), excepto para la concentración más alta aplicada de 1500 mg/L. Un comportamiento similar se ha observado en diferentes especies donde a concentraciones elevadas de hierro, la germinación y el desarrollo de la plántula se ven severamente comprometidos [21,23].

La presencia de plomo compromete en forma significativa la germinación de *M. scabra*, sin embargo, aquellas semillas que germinan a concentraciones altas de acetato de plomo logran desarrollarse y solo presentan una ligera disminución en la longitud de tallo o raíz y peso de plántula (Figuras 2D, 3D y 4D), lo cual sugiere una alta sensibilidad de esta especie durante su germinación, tornándose más tolerante a la presencia de plomo en etapas posteriores de su desarrollo.

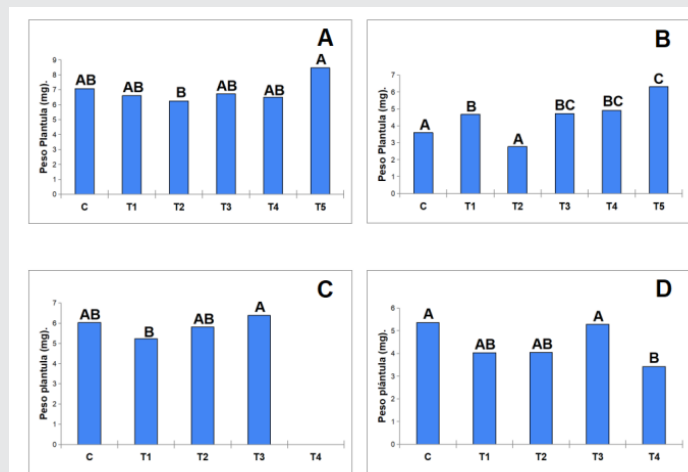


Figura 4. Gráfica de barras para peso de plántula de *M. scabra* en presencia de diversas concentraciones de metales pesados. Se presenta el peso de plántulas de *M. scabra* germinadas en presencia de 0, 5, 10, 15, 20 y 25 mg/L de $AlCl_3$ (panel A); 0, 7.5, 30, 52.5, 75 y 150 mg/L de $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$ (panel B); 0, 1.5, 15, 150 y 1500 mg/L de $FeCl_3$ (panel C) y 0, 3.75, 7.5, 15, 22.5, 37.5 mg/L de $Pb(C_2H_3O_2)_2$ (panel D).

Fuente: Elaboración propia.

Al aplicar la prueba de Pearson a las variables de longitud de tallo, longitud de raíz y peso de tallo para cada elemento evaluado, se observaron coeficientes de correlación en el rango de -0.5 a 0.5 Tabla 2.

Estos valores indican una asociación débil entre las variables, sugiriendo que la presencia del metal podría afectarlas de manera específica. Se requieren investigaciones adicionales para explorar en detalle los factores que podrían influir en estos resultados

CONCLUSIONES

Las semillas de *M. scabra* muestran tolerancia a los elementos Al y Fe, con un efecto potenciador ante la

presencia de Bi y una marcada sensibilidad frente al Pb durante el proceso de germinación.

Tabla 2. Coeficientes de correlación de Pearson entre las variables evaluadas para cada elemento en estudio.

		Longitud de raíz	Longitud de tallo	Peso de plántula
Aluminio	Longitud de raíz	1	-0.215	0.484
	Longitud de tallo		1	0.141
	Peso de plántula			1
Bismuto	Longitud de raíz	1	-0.268	-0.028
	Longitud de tallo		1	0.1
	Peso de plántula			1
Hierro	Longitud de raíz	1	0.109	0.147
	Longitud de tallo		1	0.329
	Peso de plántula			1
Plomo	Longitud de raíz	1	0.074	0.146
	Longitud de tallo		1	0.051
	Peso de plántula			1

Fuente: Elaboración propia.

En la fase de crecimiento de la plántula, se observa una tolerancia general a las concentraciones evaluadas, tanto en la longitud del tallo y raíz como en el peso de la plántula, con excepción a una alta concentración de Fe. Debido a su potencial como planta ornamental y su posible uso en ambientes domésticos, resulta imperativo profundizar en el estudio de su respuesta a los metales pesados a fin de determinar con mayor precisión el grado de toxicidad y acumulación de estos metales en la especie, proporcionando información valiosa para su manejo en distintos contextos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece las facilidades y el apoyo que el Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Mianzla otorgó para la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

[1] I. Mathews, S. N. Kantareddy, T. Buonassisi, and I. M. Peters, "Technology and Market Perspective for Indoor Photovoltaic Cells," *Joule*, vol. 3, no. 6, pp. 1415-1426, Jun. 2019.

[2] C. Schuss, T. Fabritius, B. Eichberger and T. Rahkonen, "Impacts on the Output Power of Photovoltaics on Top of Electric and Hybrid Electric Vehicles," in *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 69, no. 5, pp. 2449-2458, May 2020.

[3] B. Commault, T. Duigou, V. Maneval, J. Gau-me, F. Chabuel, and E. Voroshazi, "Overview and Perspectives for Vehicle-Integrated Photovol-taics," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 24, p. 11598, Dec. 2021.

[4] S. Das, A. Sparks, E. Poves, S. Videv, J. Faki-dis and H. Haas, "Towards Energy Neutral Wire-less Communications: Photovoltaic Cells to Con-nect Remote Areas," *Energies*, vol. 12, no. 19, p. 3772, Oct. 2019.

[5] S. Das, A. Sparks, E. Poves, S. Videv, J. Faki-dis and H. Haas, "Effect of Sunlight on Photovol-taics as Optical Wireless Communication Recei-vers," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 39, no. 19, pp. 6182-6190, Oct.1, 2021.

[6] P. Baranov, I. Zatonov, and B. B. Duc, "Dual Phase Lock-In Amplifier with Photovoltaic Modu-les and Quasi-Invariant Common-Mode Signal," 2022.

[7] N. Chowdhury, C. A. Hossain, M. Longo, and W. Yaici, "Performance Investigation Of The Li-fetime Of Solar Cell Using Surface Photovoltage (Spv) Method And Efficiency Measurement," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 11, no. 3, pp. 1403-1412, 2021.

[8] Dexin Li and P. H. Chou, "Maximizing efficien-cy of solar-powered systems by load matching," *Proceedings of the 2004 International Symposium on Low Power Electronics and Design (IEEE Cat. No.04TH8758)*, pp. 162-167, 2004.

[9] A. Ouedraogo, H. Guengane, K. B. Imbga, and D. J. Bathiebo, "Analysis of external load resis-tance influence on the single-crystalline silicon photovoltaic module (PV)", *J. Fundam. Appl. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 663-675, Apr. 2019.



Bioquímica
y
Biológicos

Ingeniantes

Análisis biométrico del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis*).



Colaboración

Irma Castillo Carmona; Gabriel Grosskelwing Nuñez; Arturo Cabrera Hernández; Luz Alejandra Serena González; Saúl Cruz Santiago, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Fecha de recepción: 17 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 19 de diciembre de 2023

RESUMEN: El análisis biométrico y la caracterización del maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*), son vitales para comprender sus diversos rasgos, a fin de apoyar la evaluación de la calidad, el cultivo y el desarrollo de productos. El objetivo del presente trabajo es comprender las relaciones morfométricas presentes en el maracuyá a fin de identificar y clasificar los frutos de manera más precisa, etapa esencial para la selección y el mantenimiento de variedades en programas de cultivo de la región de Misantla, Veracruz. Se analizaron 24 frutos en las variables de peso, diámetro, altura y número de semillas, utilizando métodos convencionales de pesaje y medición. El peso promedio fue de 62.3125 gr con un error estándar de estimación (EE) de 3.833 gr, el diámetro tuvo un promedio de 53.335 mm con un EE de 1.225 mm, la altura presentó un valor promedio de 60.36 mm y un EE de 1.157, el promedio de semillas por fruto fue de 128.7083, y un EE de 9.14. Se encontraron correlaciones lineales significativas, con un nivel de confianza de 95%, para las relaciones peso-número de semillas y altura-diámetro. Estas correlaciones encontradas permitirán estimar el número de semilla con potenciales para establecer programas de propagación.

PALABRAS CLAVE: Maracuyá, análisis biométrico, variabilidad, morfología, valorización de residuos.

ABSTRACT: *Biometric analysis and characterization of passion fruit (*Passiflora edulis flavicarpa*) is vital to understanding its diverse traits to support quality assessment, cultivation and product development. The objective of this work is to understand the morphometric relationships present in passion fruit in order to identify and classify the fruits more precisely, an essential stage for the selection and maintenance of varieties in cultivation programs in the region of Misantla, Veracruz. 24 fruits were analyzed for the variables of weight, diameter, height and number of seeds, using conventional weighing and measurement methods. The average weight was 62.3125 g with a standard error of estimation (SE) of 3.833 g, the diameter had an average of 53.335 mm with a SE of 1.225 mm, the height had an average value of 60.36 mm and an SE of 1.157. The average number of seeds per fruit was 128.7083, and an EE of 9.14. Significant linear correlations were found, with a confidence level of 95%, for the weight-number of seeds and height-diameter relationships. These correlations found will allow estimating the number of seeds with potential to establish propagation programs.*

KEYWORDS: *Passion fruit, Biometric análisis, Variability, Morphology, Composition.*

INTRODUCCIÓN

El maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) es una fruta redonda y pequeña de piel resistente que se arruga cuando está madura, adoptando una coloración roja, dorada o café. La pulpa contiene pequeñas semillas negras comestibles de color amarillo mostaza con intenso sabor aromático. El punto de madurez fisiológica está dado por el desprendimiento de la fruta de la planta.

Dalling, J. W. et al., 2011, analizan diversos factores que influyen sobre el destino que presentan las semillas al establecerse en un ecosistema, sobresaliendo la depredación de semillas, la dispersión y el establecimiento de plántulas como factores

clave en su éxito ecológico [1,2]. Algunos estudios han resaltado la importancia de relacionar diversas variables biométricas con la semilla. En este sentido, Imanishi, S., & Hiura, I., 1975, reportan una correlación positiva entre el peso del fruto y el contenido de semillas en diversas variedades de tomate, sugiriendo que las condiciones ambientales afectaron positivamente los dos caracteres [3].

Alaa El-Din T et al, 2023, mencionan que el tamaño y la forma del fruto están determinados por el número y la distribución de las semillas, empleando como modelo *Opuntia ficus-indica* [4]. Las métricas morfológicas del fruto, como el peso y el tamaño del fruto se han relacionado con la calidad fisiológica de la semilla en la berenjena africana, lo cual permite establecer una relación potencial para seleccionar semillas de alta calidad [5]. Oliveira et al., 2011, establece que la semilla es ligeramente modificada por el ambiente y puede ser un factor relacionado con la germinación [6], por lo que la información morfométrica es fundamental para ayudar en los estudios de producción de plántulas [7]. A pesar de su importancia, esta información aún es escasa, considerando la enorme biodiversidad existente; datos sobre este tipo de investigaciones aún son poco frecuentes [8].

La región de Misantla, ubicada en Veracruz, México, ofrece un entorno con condiciones ambientales propicias para el cultivo exitoso del maracuyá. Este entorno se distingue por su clima y suelo, que se combinan para crear un hábitat óptimo para el desarrollo y crecimiento de esta fruta, con una iluminación y temperatura ubicada en el rango ideal para el crecimiento de esta especie [9], similar a las condiciones de las regiones tradicionalmente productoras [10], brindando un entorno favorable para la germinación de semillas, el crecimiento vegetativo, la floración, la polinización, formación de frutos y el posterior rendimiento productivo, creando perspectivas alentadoras para el cultivo exitoso del maracuyá en Misantla.

Con un enfoque estratégico, el presente estudio se enfoca en la caracterización morfométrica del fruto de maracuyá a fin de caracterizar y potenciar su propagación y cultivo, lo que beneficiará a los productores locales, como un recurso rentable para la región en términos económicos y agrícolas.

MATERIAL Y MÉTODOS

La presente metodología se realizó dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Misantla en el Laboratorio de Investigación Avanzada de Veracruz (LIAV). La materia prima fueron frutos maduros de maracuyá obtenida de diferentes puntos de la región de Misantla en un periodo comprendido de septiembre a octubre del año 2023.

Para este diseño experimental se utilizaron 24 muestras recolectadas al azar de maracuyá, las cuales fueron caracterizadas individualmente para las variables evaluadas, peso de fruto, altura y diámetro, así como el número de semillas que contenía cada una de las frutas, los cuales se presentan en Anexo 1.

Análisis estadístico de datos

En el presente estudio se aplicará la estimación puntual de los parámetros analizados, misma que se determina mediante Ec. (1), [11].

$$\bar{x} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec. (1)}$$

Para complementar la estimación puntual y explicar adecuadamente la dispersión de los datos, nos apoyamos del coeficiente de variación, mismo que se determina mediante Ec. (2):

$$CV = \frac{s}{x} * 100\% \quad \text{Ec. (2)}$$

Los resultados obtenidos se expresan en la Tabla 1. Para establecer las relaciones entre las variables se utilizó el modelo de regresión lineal simple, estimando los coeficientes de regresión mediante intervalos de confianza, cuyas expresiones matemáticas se determinan por Ec. (3) y Ec. (4):

$$\beta_0 \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{nS_{xx}}} \sqrt{\sum x_i^2} \quad \text{Ec. (3)}$$

$$\beta_1 \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{S_{xx}}} \quad \text{Ec. (4)}$$

Siendo β_0 para la ordenada al origen y β_1 para la pendiente, respectivamente.

Una medida importante de la dispersión del modelo matemático es el error estándar de estimación, dado que da una medida de la dispersión de las observaciones en torno al modelo matemático. El error estándar se determina mediante Ec. (5), Ec. (6):

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$$SC_E = \sum [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x_i)]^2 \quad \text{Ec. (6)}$$

Asimismo, se determinó el coeficiente de correlación de Pearson, el cual da evidencia de la fuerza de la relación entre las variables involucradas, y el coeficiente de determinación, mismo que explica la variabilidad de la variable explicativa en función de

la variabilidad de la variable regresora. Las relaciones matemáticas que definen a estas medidas son, respectivamente, las correspondientes a Ec. (7), Ec. (8) y Ec. (9):

$$r = \frac{S_{xx}}{\sqrt{S_{xx}S_{yy}}} \quad \text{Ec. (7)}$$

Donde:

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (8)}$$

$$S_{yy} = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (9)}$$

Para el caso del coeficiente de determinación, la expresión matemática está dada por Ec.(10), Ec. (11) y Ec. (12):

$$r^2 = \frac{SS_R}{SS_T} \quad \text{Ec. (10)}$$

Donde:

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \quad \text{Ec. (11)}$$

$$SS_T = \beta_1 S_{yy} \quad \text{Ec. (12)}$$

Finalmente, se estimó la probabilidad de la significación de la regresión, aplicando el estadístico cuya expresión matemática es Ec. (13), Ec.(14):

$$F_0 = \frac{CM_R}{CM_E} \quad \text{Ec. (13)}$$

$$CM_R = \frac{SS_R}{GL} \quad \text{Ec. (14)}$$

Siendo GL los grados de libertad para la regresión, y CME, Ec. (15).

$$CM_E = \sqrt{\frac{SC_E}{n-2}} \quad \text{Ec. (15)}$$

Esta relación tiene una distribución F de Fisher con v_1 grados de libertad del numerador y v_2 grados de libertad del denominador, [12].

El análisis se realizó con apoyo del lenguaje de programación estadístico R-Project versión 4.1.2 en la interfaz gráfica R-Studio versión 2023.06.1. Para el manejo de la base de datos se utilizó la paquetería dplyr versión 1.1.3 y para la generación de las gráficas se utilizó la paquetería ggplot2 versión 3.4.3.

El lenguaje se programó en un equipo DELL Latitude E5470 con sistema operativo Linux Mint 21,2 Cinnamon, procesador Intel Core i5-6440HQ CPU @ 2.60GHz × 4 y RAM 8GB.

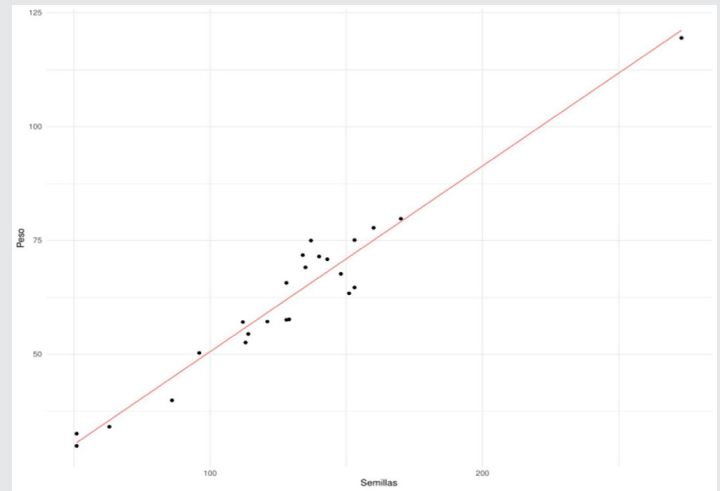


Figura 1. Estimación del peso de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia.

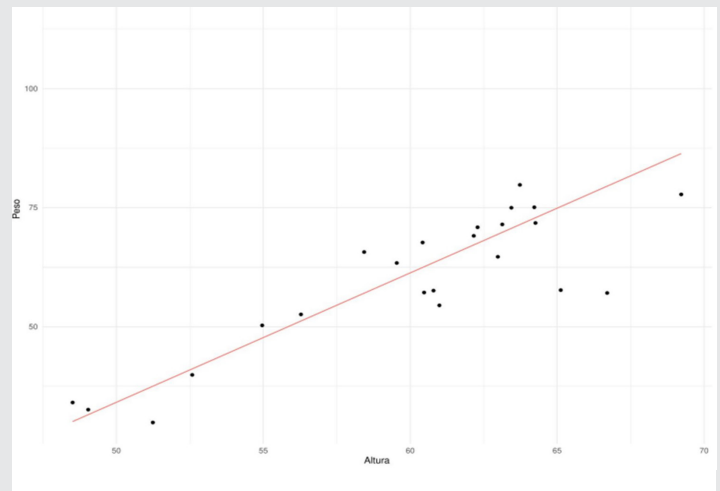


Figura 2. Estimación del peso del fruto en función de su altura.

Fuente: Elaboración propia.

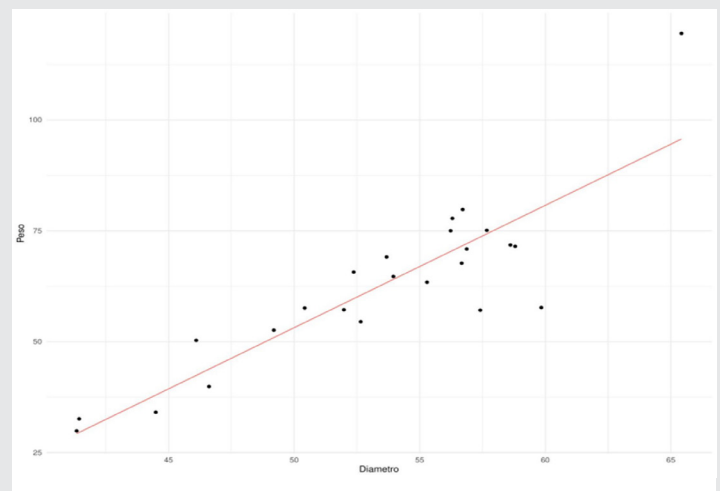


Figura 3. Estimación del peso de la fruta en función de su diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

El análisis estadístico desempeña un papel crucial, permitiendo una evaluación cuantitativa de las características morfológicas y proporcionando una comprensión más profunda de la variabilidad y la distribución de estas características en la población estudiada [7]. Estudios previos han establecido relaciones entre variables morfométricas y el número de semillas presente en el fruto, asociadas a las condiciones medioambientales del desarrollo del fruto y las variedades evaluadas, [3]. En el análisis de las características morfológicas es importante establecer tanto la descripción del comportamiento de cada una de las variables analizadas como sus interrelaciones.

Las variables evaluadas en el presente estudio se establecieron correlaciones significativas positivas, se resumen en la Tabla 2, anexo 1 donde se presentan los valores de coeficiente de correlación de Pearson. En la Figura 4, se muestra el diámetro ecuatorial y la altura el valor fue de 0.9151 así como de 0.8813 para el peso de fruto y diámetro ecuatorial, mostrado en la Figura 3.

Para el caso del peso del fruto y altura, mostrado en la Figura 2, su valor fue de 0.8202. Con respecto al número de semillas, los valores obtenidos fueron de 0.9755, 0.7941 y 0.8665, para peso, altura y diámetro, respectivamente, (Figuras 1, 5, 6). Cabe destacar el alto valor del coeficiente de la relación peso de fruto y número de semillas, el cual para este caso alcanza valores cercanos a la unidad. Dado la importancia que presenta la obtención de semillas en los protocolos de propagación y cultivo del maracuyá, la obtención de correlaciones positivas entre estas dos variables permitirá establecer criterios de selección de frutas para estimar el número de semillas que produce cada fruto, a fin de seleccionar frutos con mayor potencial para su propagación así como establecer intervalos para las características morfológicas del fruto cultivado bajo las condiciones particulares de la región de Misantla, Tabla 1.

Tabla 1. Valores promedio y coeficiente de variación de los frutos analizados.

Parámetros	$\bar{x} \pm SE$	CV(%)
Peso (gr)	62.3125 ± 3.833	30.136
Altura (mm)	60.3636 ± 1.157	9.389
Diámetro (mm)	53.335 ± 1.225	11.249
Número de Semillas	128.7083 ± 9.14	34.789

Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

Bajo esta perspectiva, se observa que los frutos de la región de Misantla presentan un peso promedio de 62.31 ± 3.833 con un coeficiente de variación de 30.136, una altura promedio de 60.36 ± 1.157 con un coeficiente de variación de 9.389, el diámetro promedio fue de 53.335 ± 1.225 con un coeficiente de variación de 11.249. Finalmente, el número de semillas tuvo un valor

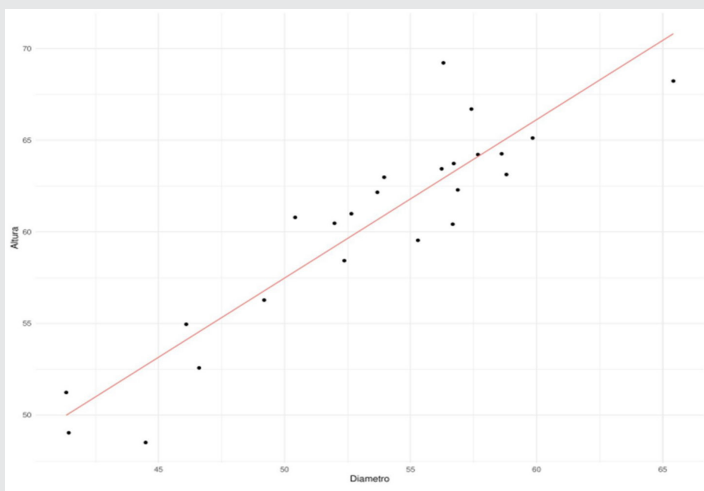


Figura 4. Estimación de la altura de la fruta en función de su diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

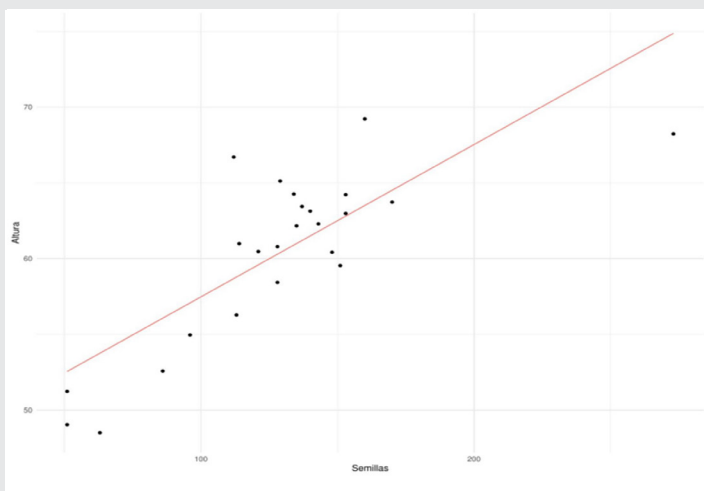


Figura 5. Estimación de la altura de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia

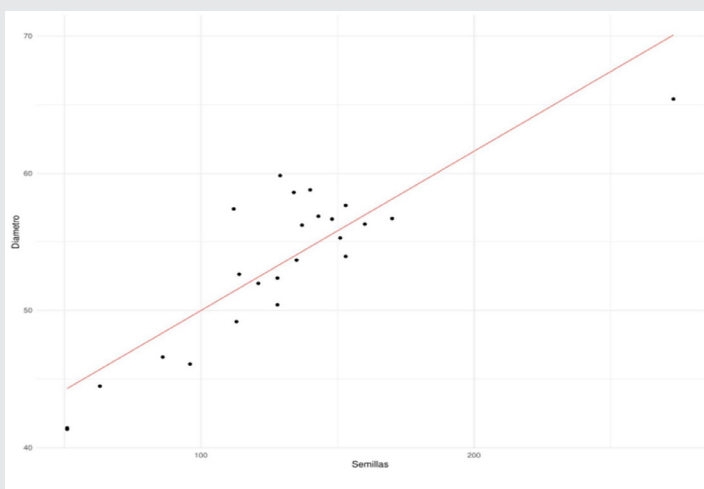


Figura 6. Estimación del diámetro de la fruta en función del número de semillas.

Fuente: Elaboración propia.

promedio de 128.7 \pm 9.14 con un coeficiente de variación de 34.789.

Los valores anteriores permitirán caracterizar los frutos que se producen en la región de Misantla, así como optimizar su aprovechamiento, al permitir estimar volúmenes de generación de semillas, así como estimar rendimientos de producción. Los datos de valores promedio y dispersión de las diferentes variables permitirán compararlas con frutos de regiones tradicionalmente productoras, a fin de caracterizar las variedades que se cultivan actualmente en la región de Misantla.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un alto valor del coeficiente para la relación peso de fruto y número de semillas, el cual alcanza valores cercanos a la unidad y puede emplearse como parámetro externo para estimar el número de semillas que presenta internamente el fruto durante el establecimiento de programas de germinación. Esto confiere una ventaja en el procesamiento agroindustrial en el que se requieren frutas de mayor peso y número de semillas, lo que permitirá alcanzar un mejor rendimiento de la parte comestible, los frutos con gran cantidad de semillas pueden ser útiles en futuros programas de fitomejoramiento y en producción de plantas. Para las otras variables se observaron correlaciones moderadas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Dalling, J. W., Davis, A. S., Arnold, A. E., Sarmiento, C., & Zalamea, P. C. (2020). Extending plant defense theory to seeds. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 123-141.

[2] Dalling, J. W., Davis, A. S., Schutte, B. J., & Elizabeth Arnold, A. (2011). Seed survival in soil: interacting effects of predation, dormancy and the soil microbial community. *Journal of Ecology*, 99(1), 89-95.

[3] Imanishi, S., & Hiura, I. (1975). Relationship between fruit weight and seed content in the tomato. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 44(1), 33-40.

[4] Abo-El-Ez, A. E. D. T., El-Shenawi, M. R., Husien, M. A., & Essa, A. E. (2023). Effect of Exogenous Application of Gibberellic Acid (GA3) on Seed Size and Fruit Quality of Prickly Pear Cactus (*Opuntia ficus-indica*). *ACS Agricultural Science & Technology*, 3(9), 812- 821.

[5] Ngode, L. (2021). Fruit and seed physiological quality changes during seed development and maturation in African eggplant (*Solanum aethiopicum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, 17(8), 1131-1143.

[6] Oliveira, M.T.R., Berbert, P.A., PEREIRA, R.C., Vieira, H.D. and Carlesso, V.O., 2011. Característi-

cas biométricas e físicoquímicas do fruto, morfologia da semente e da plântula de A verrhoa carambola L. (*Oxalidaceae*). *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 33, no. 2, pp. 251- 260.

[7] Andrade, L.A., Bruno, R.L.A., Oliveira, L.S.B. and Silva, H.T.F., 2010. Aspectos biométricos de frutos e sementes, grau de umidade e superação de dormência de jatobá. *Acta Scientiarum. Agronomy*, vol. 32, pp. 293-299.

[8] Cocito, L. L. (2020). Estructuración genética y variabilidad fenotípica de dos especies de pejerreyes *Odontesthes nigricans* y *Odontesthes smitti* a lo largo del extenso gradiente latitudinal de la costa patagónica.

[9] Martell-Tamanis, A. Y., Lobato-Rosales, F. G., Landa-Zárate, M., Luna-Chontal, G., García-Santamaría, L. E., & Fernández-Lambert, G. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(6), 1353- 1365.

[10] Pizarro, J. V. M., Herrera, E. M. O., Batista, R. M. G., & Delgado, I. R. (2022). Influencia de las distancias de siembra en el desarrollo y producción de 2 variedades de Maracuyá (*pasiflora edulis* de gener). *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 70-79.

[11] Oliveira, A. K. M., Matias, R., & Pina, J. C. (2023). *Unonopsis guatterioides*: morphological and chemical characteristics of its fruits and seeds, and germination processes under experimental conditions. *Brazilian Journal of Biology*, 83, e269219.

[12] Walpole, R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros. Pearson educación.

Anexo 1. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables evaluadas.

<i>Relación</i>	β_0	β_1	<i>SE</i>	<i>r</i>	r^2	<i>P(F)</i>
<i>Peso – Semillas</i>	9.8252 ± 2.8371	0.4078 ± 0.021	4.481	0.9755	0.9455	< 0.05
<i>Peso – Altura</i>	-101.7208 ± 24.498	2.7174 ± 0.4041	10.98	0.8202	0.6727	< 0.05
<i>Peso – Diámetro</i>	-84.7945 ± 16.918	2.7582 ± 0.3153	9.073	0.8813	0.7767	< 0.05
<i>Altura – Diámetro</i>	14.2615 ± 4.3572	0.8644 ± 0.0812	2.337	0.9151	0.8374	< 0.05
<i>Altura – Semillas</i>	47.4267 ± 2.2302	0.1005 ± 0.0164	3.522	0.7941	0.6306	< 0.05
<i>Diámetro – Semillas</i>	38.391 ± 1.9394	0.1161 ± 0.0146	3.063	0.8665	0.7507	< 0.05



Multidisciplinario
e
ingenierías

Ingeniantes

Exploración bibliométrica de la Bioeconomía a partir de la Web of Science



Colaboración

Perla Karina Martínez Santiago; William Alejandro Rubio Molina; Francisca Hernández Angel, Universidad Politécnica de Altamira

Fecha de recepción: 14 de noviembre de 2023

Fecha de aceptación: 18 de diciembre de 2023

RESUMEN: Este estudio bibliométrico analiza la evolución y la importancia global de la investigación en bioeconomía, un tema crucial para abordar los desafíos contemporáneos de sostenibilidad. El objetivo central es comprender las tendencias, destacando los principales autores, colaboraciones, áreas de investigación y países líderes. Utilizando herramientas bibliométricas, se identificaron los autores más influyentes y las instituciones líderes, destacando las redes de colaboración y las áreas temáticas recurrentes. Los resultados muestran que Alemania, Finlandia, y Estados Unidos son los países más activos en producción científica sobre bioeconomía. Además, se ha evidenciado la conexión de la investigación en bioeconomía con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible, subrayando su relevancia en la solución de problemas globales. Esta evaluación proporciona una base sólida para futuras investigaciones, colaboraciones y decisiones estratégicas en el campo de la bioeconomía, contribuyendo a un futuro más sostenible y equitativo.

PALABRAS CLAVE: bibliométrico, bioeconomía, biomasa, producción científica, red bibliométrica, sostenibilidad.

ABSTRACT: This bibliometric study analyzes the evolution and global importance of bioeconomy research, a crucial topic for addressing contemporary sustainability challenges. The central objective is to understand trends, highlighting the main authors, collaborations, research areas and leading countries. Using bibliometric tools, we identify the most influential authors and leading institutions, highlighting collaborative networks and recurring thematic areas. The results show that Germany, Finland, and the United States are the most active countries in scientific production on bioeconomy. Furthermore, the connection of bioeconomy research with multiple Sustainable Development Goals has been demonstrated, underlining its relevance in solving global problems. This assessment provides a solid foundation for future research, collaborations and strategic decisions in the field of bioeconomy, contributing to a more sustainable and equitable future.

KEYWORDS: bibliometric, bioeconomy, biomass, scientific production, bibliometric network, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La bioeconomía se refiere a la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, que incluyen conocimientos, ciencia, tecnología e innovación. Su objetivo es proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el fin de avanzar hacia una economía sostenible [1].

El desarrollo sostenible es uno de los principios fundamentales de la bioeconomía ya que busca utilizar de manera sostenible los recursos biológicos, asegurando el bienestar humano y la conservación de la biodiversidad a largo plazo [2]. Esto es esencial para lograr una prosperidad inclusiva dentro de los límites planetarios. Además, se necesita una economía basada en la inteligencia ecológica, donde los recursos biológicos sean utilizados de

manera sostenible y regenerativa, y donde los límites ambientales sean respetados [3].

La bioeconomía, como enfoque económico y sostenible, busca generar soluciones a los desafíos y retos que enfrenta la sociedad a nivel mundial, con especial atención en la mitigación del cambio climático. En este caso, la bioeconomía representa una transformación fundamental en el modelo económico, alejándose del uso intensivo de combustibles fósiles para dar paso a una visión que coloca en el centro a la biodiversidad y sus potencialidades [4]. Por otro lado, la bioeconomía logrará un beneficio en las empresas referente a la identificación de nuevos mercados, desarrollando los procesos con mayor sostenibilidad para que dichos modelos empresariales obtengan una creación [5].

La Organización de Naciones Unidas (ONU) lleva a cabo una intensa campaña de divulgación en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos objetivos fueron establecidos por las naciones en 2014 y se busca su cumplimiento en el período comprendido entre 2015 y 2030 [6].

La Comisión Europea [7] ha estado desarrollando eventos de sensibilización en los últimos años para promover la Bioeconomía. Estos eventos buscan fomentar una articulación armoniosa entre la economía, la sociedad y el medio ambiente. Se asume que, la base de datos de la Web of Science, es representativa y exhaustiva en términos de artículos científicos relacionados con la bioeconomía. Por otra parte, la frecuencia de citación de un artículo es un indicador fiable de su influencia en el campo. Del mismo modo, las palabras clave proporcionadas en los datos de los artículos también reflejan de manera precisa los temas y enfoques abordados en la investigación sobre bioeconomía. Los objetivos son identificar los autores más influyentes y las instituciones líderes en la producción científica, evaluar las áreas de investigación más destacadas y determinar la distribución geográfica de la investigación sobre bioeconomía destacando los países líderes en producción científica, sus contribuciones específicas y su impacto a nivel global.

MATERIAL Y MÉTODOS

La bibliometría es un conjunto de las técnicas matemáticas y las estadísticas con el fin de llevar a cabo análisis de la comunicación escrito. Analizar las particularidades del empleo y la elaboración de documentos, indagación numérica de la generación de documentos evidenciados en las referencias bibliográficas [8].

Metodología base de datos

Este estudio bibliométrico enfocado a la bioeconomía se realizó para obtener un análisis descriptivo de qué, quiénes y cómo se ha aportado a la comunidad mediante la producción científica de artículos en el mundo.

La base de datos que fue utilizada para este estudio fue creada a partir de los datos de la Web of Science, ya que, es bien sabido que ésta página es sumamente prestigiosa, con un grado de confianza alto y, por supuesto, con una amplia variedad de artículos de diversos temas y de los cuales, se decidió que se centrará en la bioeconomía [9].

Al principio de la investigación, se tomó la decisión de buscar la información para crear la base de datos solamente de la bioeconomía, en una forma general. Al ingresar a la Web of Science, se realizó la búsqueda "bioeconomía" para que, posteriormente, se refinaran los datos solamente contando la opción de "artículos" y marcando un rango de los años del 2003 al 2022.

Posteriormente, se obtuvieron 5,106 artículos que incluyen en ello la cantidad de: 200 afiliaciones, 110 áreas de investigación, 200 autores, 167 categorías de la WoS, 8 idiomas, 161 países y 223 títulos de publicación.

Para la muestra, se analizaron diversas características relacionadas con la producción científica sobre la bioeconomía, donde se incluyen los siguientes elementos:

- Las palabras clave que tienen relación con el tema de Bioeconomía y que brindan una relación al momento de realizar búsquedas en la Web of Science.
- Los diez autores con mayor número de publicaciones acerca de la Bioeconomía, los investigadores más prolíficos en este campo, lo cual proporcionó una visión de los expertos más destacados en la temática.
- Las diez afiliaciones que generaron un mayor número de artículos sobre la Bioeconomía, donde se analizó qué instituciones, universidades o centros de investigación tuvieron una mayor contribución en términos de producción científica en este ámbito.
- Las diez áreas de investigación que más aportan al tema de la bioeconomía en el estudio y desarrollo de la bioeconomía, lo cual permitió comprender los enfoques y perspectivas interdisciplinarios presentes en la investigación.
- Los ocho idiomas en los que se publicaron más artículos relacionados con el tema principal, para ello, se analizó la diversidad lingüística en la producción científica sobre la bioeconomía, identificando los idiomas más utilizados en la difusión de conocimiento en este campo.
- Los diez países con mayor interés por la bioeconomía, examinando la distribución geográfica de la investigación en bioeconomía, identificando los países que tuvieron una mayor actividad y liderazgo en este ámbito. El incremento en la publicación de artículos de bioeconomía desde 2013 hasta 2022, evaluando la evolución

temporal de la producción científica en bioeconomía, analizando el crecimiento y las tendencias en la publicación de artículos durante este período.

- Las diez categorías en las que más se menciona el tema de la bioeconomía, por medio del análisis de presencia de la bioeconomía en diversas categorías temáticas o disciplinas, lo cual brindó una comprensión de su interacción con otros campos del conocimiento.

- Las diez revistas y enciclopedias con mayor número de artículos publicados acerca de la bioeconomía, identificando las publicaciones más relevantes y reconocidas en el ámbito de la bioeconomía, lo cual permitió conocer los principales canales de difusión científica en este campo.

Metodología redes bibliométricas

Los archivos descargados con la base de datos como contenido en forma de archivos de texto desde la Web of Science, se colocó dentro de un archivo Excel para la realización de los filtros de las variables con el propósito de que ninguno de los datos se repitiera.

Posteriormente a ello, todo fue adjuntado en un archivo más y este fue ingresado dentro del programa llamado VoS Viewer para la creación de las redes bibliométricas, esto nos permite visualizar las conexiones entre estos artículos, identificar patrones de colaboración entre autores e instituciones (afiliaciones), y comprender las principales tendencias de investigación en este campo interdisciplinario en constante evolución.

RESULTADOS

La red se ha construido utilizando métodos bibliométricos avanzados, donde cada nodo representa un artículo individual sobre bioeconomía y las aristas (conexiones) entre nodos representan diversas relaciones, como las citas recibidas entre artículos y las colaboraciones entre autores. A través de esta red, se ha podido identificar las áreas de investigación más influyentes en el campo de la bioeconomía. Los nodos más destacados en términos de centralidad representan los artículos más citados y, por lo tanto, los más influyentes en el ámbito de estudio.

El análisis de la red bibliométrica es esencial para comprender la estructura del campo de la bioeconomía, las conexiones entre sus subdisciplinas y las contribuciones más influyentes. Esta visualización y análisis nos proporciona una base sólida para tomar decisiones informadas sobre las futuras investigaciones en el campo de la bioeconomía, identificar oportunidades de colaboración y reconocer áreas de investigaciones emergentes.

Palabras clave

Al ingresar la base de datos y filtrar para generar una red con las palabras clave más usadas por los autores

e investigadores, dentro de los más de 5 mil artículos ubicados en la WOS, predomina “bioeconomy” por ser la rama de ciencia social en la que se enfocan, siendo el tema principal de los artículos. Al igual como “sustainability”, “biomass”, “economy”, “innovation”, “impact” y “circular economy” mostrando estos resultados en la Figura 1.

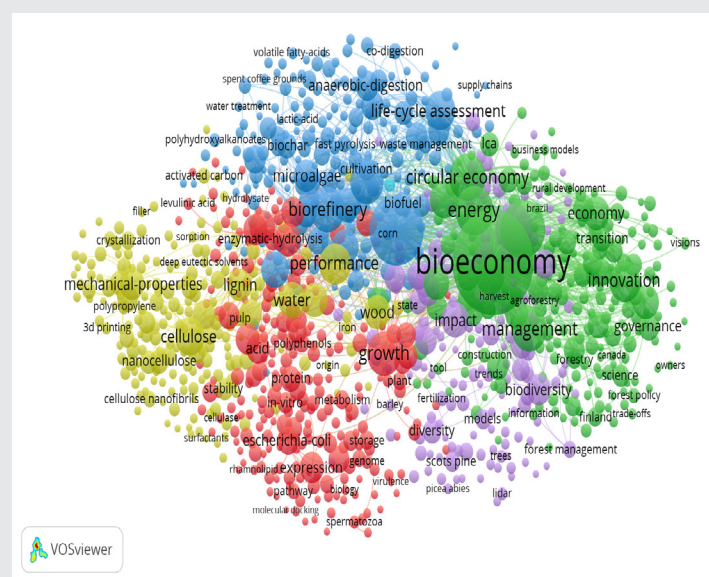


Figura 1. Red bibliométrica de palabras clave.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

Países

De los más de 5,000 artículos científicos relacionados con la bioeconomía que fueron analizados y con una base creada desde la Web of Science, nos proporciona una visión completa de la contribución de diferentes naciones en este campo interdisciplinario. Esta red revela los países que lideran en términos de producción científica, sus colaboraciones más relevantes y la influencia relativa de cada país en la investigación sobre bioeconomía.

Como se muestra en la Figura 2, los países que cuentan con más artículos en el tema de la bioeconomía son Alemania, el cual se destaca como líder con un total de 1089 artículos. Esto refleja el compromiso de Alemania en la promoción de la investigación en la bioeconomía y su contribución significativa a la comprensión de esta disciplina emergente.

Finlandia sigue a Alemania de cerca, con 779 artículos que han hecho contribuciones valiosas en el campo de la bioeconomía. Esta alta participación de Finlandia es indicativa de su enfoque en la investigación sostenible y la utilización eficiente de recursos biológicos, aspectos fundamentales de la bioeconomía.

Los Estados Unidos, cuenta con 525 artículos especializados en bioeconomía, también desempeñan un papel relevante en este campo. La presencia de numerosos autores estadounidenses destaca la importancia de

la bioeconomía en la agenda de investigación de este país y su compromiso con soluciones sostenibles para desafíos globales.

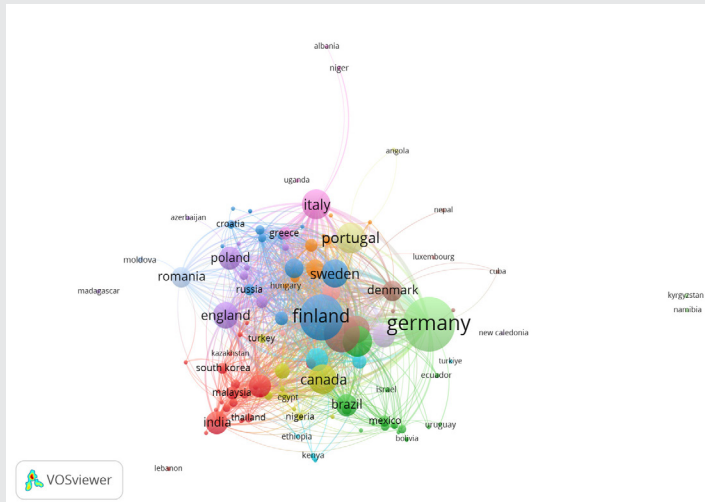


Figura 2. Red bibliométrica de países con más artículos sobre bioeconomía.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

No obstante, España, Portugal, Italia, Canadá, Suecia, Noruega e Inglaterra también contribuyen de manera significativa a la investigación de la bioeconomía, con números respetables de artículos en el campo. Estos países demuestran su interés en la exploración de soluciones basadas en recursos biológicos y sostenibilidad económica.

El análisis de la red bibliométrica de países nos permite identificar las colaboraciones más destacadas entre estas naciones, así como la influencia de sus investigadores en la difusión del conocimiento sobre bioeconomía. Esta información es crucial para comprender las redes globales de investigación en el campo de la bioeconomía, para identificar áreas de fortaleza y oportunidades de colaboración entre diferentes países.

Autores

En la Figura 3 se muestra el impacto que los autores a nivel mundial han logrado gracias a sus creaciones científicas y de investigación ardua y por ende el autor que más predomina es Mjursi Misra quien tiene 143 artículos realizados con relación a la bioeconomía a lo largo de 19 años (2003-2022).

El autor que sigue a continuación es Amar K. Mohanty con una cantidad total de 129 artículos elaborados. Herbert Sixta y Orlando J. Rojas cuentan con 43 y 41 artículos elaborados respectivamente. Por otro lado, Robert C. Brown cuenta con 34 y Daniela Thrän con 33. También casi con la misma cantidad de artículos elaborados están Monika Österberg con 31 y Anne Toppinen con 29. Ya por último se encuentran Yang- Tse Cheng y Mariusz Jerzy Stolarski con 27 y 26 respectivamente.

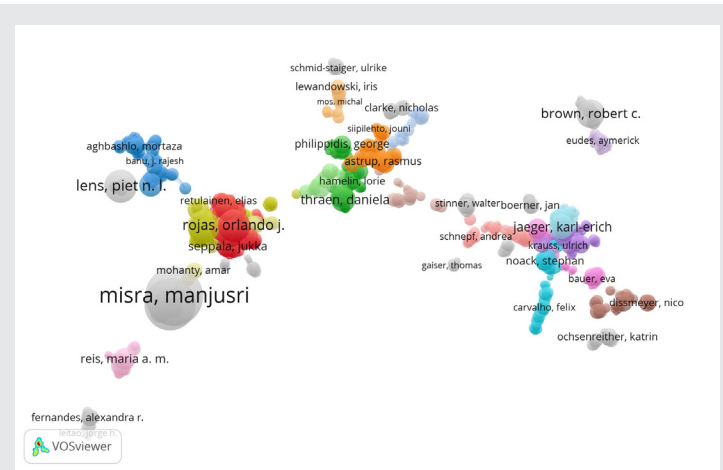


Figura 3. Red bibliométrica de autores destacados.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

En la Figura 3, no se observan las líneas de relación como en las demás redes elaboradas, esto se debe a que los nodos que se encuentran en grupos y de un mismo color, son los que colaboran entre sí, mientras que la línea naranja que se muestra se une a un nodo de otro grupo porque de vez en cuando suele colaborar con uno de los autores de ese grupo o con la mayoría.

Cada uno de los autores demuestra su empeño y el propósito de generar información que beneficia a contribuir dentro de la bioeconomía que igual puede tener el propósito de ayudar a que su país se desarrolle a través de las alternativas encontradas dentro de la investigación con base a los recursos que se encuentren en el mismo país.

Afiliaciones

Dentro de la investigación científica, la mayoría de los autores realizan sus investigaciones en instituciones como empresas, compañías o universidades en las cuales pertenecen y algunos otros no pertenecen a ellas, pero realizan colaboraciones debido a que hay ciertos beneficios al hacerlo como la remuneración económica pues suelen recibir apoyo económico por realizar investigaciones en conjunto, al igual que apoyo para la práctica de sus experimentos, investigaciones; también para tener un prestigio y conocimiento por sus trabajos donde ambas partes salen beneficiadas y para incentivar a las personas para que se animen a realizar ese tipo de trabajos.

A continuación, en la Figura 4 se muestra la gráfica con base a las afiliaciones más relevantes, donde la que encabeza la gráfica y con una predominación es Helmholtz Association con 344 artículos afiliados en su institución. Con ello le sigue Aalto University, teniendo un total de 335 artículos.

En el tercer y cuarto lugar están Norwegian Institute of Bioeconomy Research y Research Center Julich con 181 y 179 artículos hechos en su institución respectivamente.

mente. Por otro lado, University of Guelph y University of Helsinki cuentan con la misma cantidad de artículos afiliados: 156.

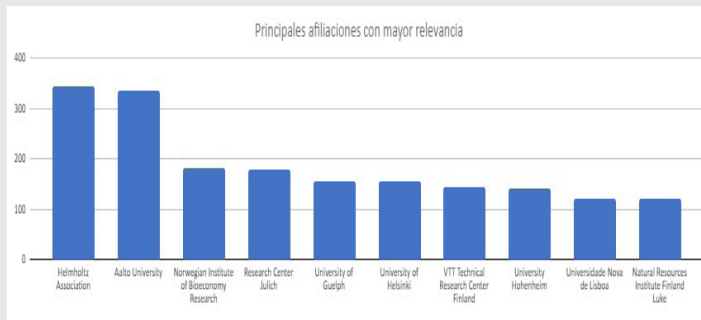


Figura 4. Gráfica de principales afiliaciones.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

No obstante, teniendo una cercanía con las dos últimas afiliaciones mencionadas, VTT Technical Research Center Finland y University Hohenheim se encuentran con 143 y 141 respectivamente.

Por último, Universidade Nova de Lisboa y Natural Resources Institute Finland Luke a pesar de no contar con una cantidad grande como las demás, aún prevalece en las principales con 121 y 120 artículos en total.

Idiomas

En la Figura 5, se observa que el idioma que destaca dentro de la gráfica es el inglés con una cantidad de 5068 artículos creados en ese idioma, pero existe un contraste notorio después de este idioma ya que el idioma español cuenta con 16 artículos.

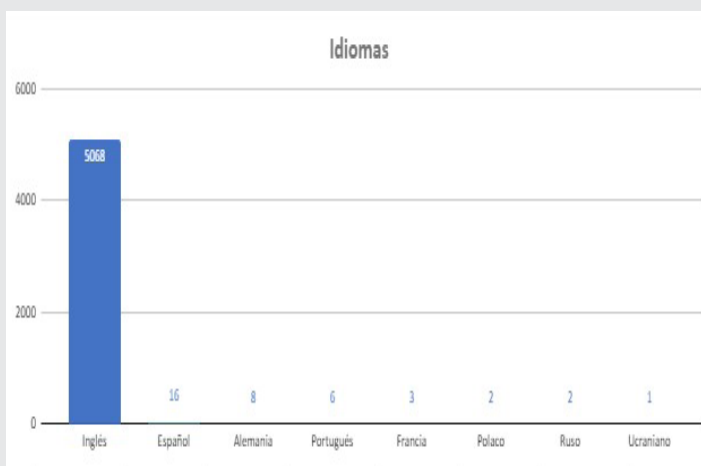


Figura 5. Gráfica de idiomas principales en la escritura sobre bioeconomía.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

Por otro lado, el idioma alemán y portugués obtienen un total de 6 y 3 artículos respectivamente, cuentan con una cantidad baja, pero aparte el polaco, ruso y ucraniano tienen en su totalidad 3, 2 y 1 respectivamente.

Áreas de investigación

En las 10 áreas de investigación más populares den-

tro de la producción científica sobre bioeconomía, de las cuales autores se centran para sus investigaciones científicas entran las siguientes mostradas en la Figura 6.

Entre estas principales áreas predomina las ciencias ambientales de la tecnología con 1201 artículos dentro de la comunidad científica; le continua ciencia, tecnología y otros temas con un total de 1096. Como tercer lugar, se muestra a la ingeniería en general con 750 artículos realizados en ese enfoque.

La química se posiciona en con una cantidad intermedia de 714 artículos, mientras que, en la biotecnología aplicada en la microbiología, se encuentran 672 artículos, dando una sólida atención en soluciones que estén relacionadas a sus ramas para posibles problemáticas o ya existentes.

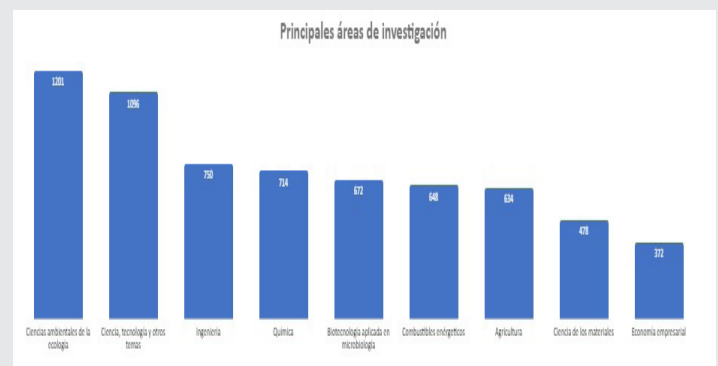


Figura 6. Gráfica que representa las 10 áreas de investigación más populares.
Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

También, para la investigación de los combustibles energéticos y el área de agricultura alcanzan los 648 y 634 artículos elaborados respectivamente, donde los combustibles energéticos tienden a tener un enfoque en fuentes de energías alternativas, mientras que la agricultura toma partido por la evolución en las prácticas agrícolas sostenibles.

Por último, la ciencia de los materiales tiene en su totalidad 478 artículos, por otro lado, dentro del área de economía empresarial, con una cantidad de 372 artículos. Estas últimas áreas se centran en la investigación y dar importancia a la innovación en los materiales y, en el caso de la economía empresarial, brindar una comprensión de los aspectos económicos.

Categorías Web of Science

Dentro de la bioeconomía, existen diversas disciplinas que han arrojado resultados significativos. En las ciencias ambientales, se han registrado 933 publicaciones, lo que demuestra un gran interés en abordar las cuestiones que tengan relación con el medio ambiente, cómo bien se demuestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías que lideran en artículos.

Categoría	Cantidad
Ciencias ambientales	933
Ciencia y tecnología verde sostenible	810
Biología aplicada en microbiología	672
Combustibles energéticos	648
Estudios ambientales	521
Química multidisciplinaria	384
Ingeniería ambiental	370
Silvicultura	333
Ingeniería química	331
Economía	305

Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

Por otro lado, la ciencia y tecnología verde sostenible también ha logrado desempeñar un papel sumamente importante con un total de 810 artículos donde se señala la relevancia del desarrollo de enfoques relacionados con la tecnología para la conservación de los recursos.

Mientras que la biotecnología con aplicación en la microbiología, cuenta con 672 artículos donde deja evidencia del aumento en el interés sobre el cambio de los microorganismos con finalidad en el ámbito económico-ambiental.

No obstante, los combustibles energéticos toma posición con 648 artículos donde se encargan de la investigación para encontrar fuentes energéticas sostenibles. Así mismo, los estudios ambientales, cuentan con 521 artículos, la química multidisciplinaria cuenta con 384 artículos, la ingeniería ambiental con 370 artículos, la silvicultura con 333 artículos, la ingeniería química con 331 artículos y la economía empresarial con 305 artículos en total.

Títulos de publicación

La Tabla 2, da una vista de los títulos de publicación en revistas más relevantes dentro de las investigaciones científicas sobre la bioeconomía.

La revista "Sustentabilidad", ha publicado 213 artículos destacando la relevancia de los enfoques sostenibles en las actividades ambientales y económicas. También, la "Revista de limpieza de producción" cuenta con una aportación de 155 en las cuales se hace una exploración de estrategias que ayuden en la minimización del impacto ambiental.

Por otro lado, "Tecnología bioambiental" cuenta con 96 artículos, "Energías" con 78 artículos, "ACS Ingeniería Química Sostenible" tiene un total de 71. Mientras que después se encuentran "Política y economía forestal", "Bosques", "Biocombustible, bioproductos y biorefinación", "Ciencia del medio ambiente total" y "Cultivos industriales y productos, cuentan con entre los 71 y 50 artículos publicados.

Tabla 2. Títulos con mayor relevancia en revistas científicas.

Título de publicación	Cantidad
Sustentabilidad	213
Revista de limpieza de producción	155
Tecnología bioambiental	96
Energías	78
ACS ingeniería química sostenible	71
Política y economía forestal	35
Bosques	61
Biocombustibles, bioproductos y biorefinación	58
Ciencia del medio ambiente total	56
Cultivos industriales y productos	55

Fuente: Elaboración propia a partir de WOS.

CONCLUSIONES

El presente estudio bibliométrico, que abarcó más de 5,106 artículos indexados en la Web of Science relacionados con la bioeconomía, proporciona una visión integral sobre la investigación en este campo multidisciplinario. A través del análisis de tendencias de publicación, autores destacados, colaboraciones, afiliaciones, áreas de investigación, idiomas, países de origen, y análisis temporal, hemos obtenido conocimientos valiosos sobre la evolución y la importancia de la bioeconomía en el panorama científico global.

Tendencias de Publicación y Autores Destacados:

Hemos observado un crecimiento significativo en el número de publicaciones relacionadas con la bioeconomía desde el año 2003, lo que refleja el creciente interés en esta disciplina. Los autores más influyentes en este campo incluyen nombres destacados de países como Alemania, Finlandia, Estados Unidos, España, Portugal, Italia, Canadá, Suecia, Noruega e Inglaterra. Esta diversidad de autores líderes resalta la importancia global de la bioeconomía y su reconocimiento en múltiples naciones.

Colaboraciones e Instituciones Relevantes: La identificación de colaboraciones entre autores e institucio-

nes nos permite reconocer las redes de investigación más activas en el campo de la bioeconomía. Las instituciones de Alemania, Finlandia y Estados Unidos han demostrado una alta colaboración y liderazgo en la producción de investigación relacionada con la bioeconomía. Estas colaboraciones multidisciplinarias son esenciales para abordar los desafíos complejos que enfrenta la bioeconomía.

Áreas de Investigación Destacadas: Las áreas de investigación en bioeconomía abarcan una amplia gama de temas, desde la producción sostenible de alimentos hasta la generación de energía renovable y la conservación de la biodiversidad. La bioeconomía emerge como una disciplina que integra la biología, la economía y la tecnología, y su alcance es crucial para abordar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

Impacto a Nivel Global: La distribución de autores por país refleja un liderazgo pronunciado de naciones como Alemania, Finlandia, Estados Unidos y otros países europeos. Esta influencia global en la investigación de la bioeconomía destaca la importancia de la colaboración internacional para el avance de esta disciplina y su impacto en la promoción de soluciones sostenibles.

Contribuciones a la Sostenibilidad: La bioeconomía, como se ha evidenciado a través de este estudio, contribuye directamente a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluidos el hambre cero, la producción y consumo responsables, energía asequible y no contaminante, trabajo decente y crecimiento económico, vida submarina y vida de ecosistemas terrestres. Estas contribuciones demuestran el potencial de la bioeconomía para abordar problemas críticos y promover una sociedad más sostenible.

Como conclusión final, este estudio bibliométrico ha proporcionado una visión detallada de la bioeconomía como una disciplina interdisciplinaria en crecimiento, con una fuerte presencia global y un impacto directo en la búsqueda de soluciones sostenibles. La identificación de colaboraciones, las áreas de investigación destacadas y la contribución a los ODS resaltan la relevancia de la bioeconomía en el contexto científico actual. Este análisis proporciona una base sólida para futuras investigaciones, decisiones estratégicas y colaboraciones internacionales en el campo de la bioeconomía, con el objetivo de abordar los desafíos más apremiantes de nuestra sociedad y avanzar hacia un futuro más sostenible y equitativo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Global Bioeconomy Summit - GBS. 2018. (2018). Communiqué. Global Bioeconomy Summit 2018 - Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation*

and Wellbeing. Fecha de consulta: abril de 2018. Disponible en: http://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf.

[2] *World Commission on Environment and Development. (1987). Our common future. Recuperado de: https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf.*

[3] *COM, "Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions", Eur. Commission, 2012.*

[4] *Pichasaca, M. (2017). Nota conceptual y estratégica para el desarrollo de la bioeconomía en Ecuador. Quito: Ministerio del Ambiente.*

[5] *le Duc, J. W. (2020). Biocontainment Laboratories: A Critical Component of the US Bioeconomy in Need of Attention. HEALTH SECURITY, 18(1), 61-66. <https://doi.org/10.1089/hs.2020.0002>.*

[6] *Brundtland, Gro Harlem. "Nuestro futuro común." Congreso internacional de tecnologías alternativas de desarrollo: ponencias y comunicaciones. Servicio de Extensión Agraria. Publicaciones, 1989.*

[7] *Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., y Foley, J. A. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. Ecology and Society, 14(2), 32.*

[8] *Spinak, Ernesto. Diccionario enciclopédico de bibliometría, cienciometría e informetría. Caracas: Unesco, 1996.*

[9] *Ivanovi, L., & Ho, Y.S. (2019). Highly cited articles in the education and educational research category in the Social Science Citation Index: A bibliometric analysis. Educational Review, 71(3), 277-286. <https://doi.org/10.1080/00131911.2017.1415297>.*



CONGRESO INTERNACIONAL DE
**TRANSVERSALIDAD
AMBIENTAL**
EN LA FORMACION DEL INGENIERO

AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Ingeniantes