

Vidsupra visión científica

Vol. 17 Núm. 2
julio - diciembre 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

Vidsupra visión científica

Órgano de difusión científica y tecnológica del Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Durango CIIDIR-IPN



DIRECTORIO

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

- Arturo Reyes Sandoval. Director General
- Ismael Jaidar Monter. Secretario General
- María Isabel Rojas Ruiz. Secretaria Académica
- Martha Leticia Vázquez González. Secretaria de Investigación y Posgrado
- Yessica Gasca Castillo. Secretaria de Innovación e Integración Social
- Marco Antonio Sosa Palacios. Secretario de Servicios Educativos
- Noel Miranda Mendoza. Secretario Ejecutivo de la COFAA
- José Alejandro Camacho Sánchez. Secretario Ejecutivo del POI
- Marx Yazalde Ortiz Correa. Abogado General
- Modesto Cárdenas García. Presidente del Decanato
- Orlando David Parada Vicente. Coordinador General de Planeación e Información
- Andrés Falcón García. Coordinador General del CENAC
- Marco Antonio Ramírez Urbina. Coordinador de Imagen Institucional

CIIDIR UNIDAD DURANGO

- Eduardo Sánchez Ortiz. Director
- Diana Carolina Alanís Bañuelos. Subdirectora Administrativa
- César Arturo González Hernández. Subdirector de Servicios Educativos y de Integración Social.
- Mayra Edith Burciaga Siqueiros. Subdirectora Académico y de Investigación.
- Sandra Janeth Alvarado Aguilar. Jefa del Departamento de Posgrado
- Denise Martínez Espino. Jefa de la Unidad Politécnica de Integración Social
- Claudia Elia Soto Pedroza. Jefa de la UTEyCV
- Flor Isela Retana Rentería. Jefa del Dpto. de Investigación y Desarrollo Tecnológico
- Alejandra del Campo González. Jefa del Dpto. de Recursos Financieros y Materiales
- Adán Villarreal Márquez. Jefe de la Coordinación de Enlace y Gestión Técnica
- Lidia Marisa Hernández Estrada. Jefa del Departamento de Servicios Educativos
- Víctor Daniel Ríos García. Jefe de la Unidad de Informática
- Sara Silva Haro. Jefa del Departamento de Capital Humano

Vidsupra visión científica Vol. 17, No. 2, JULIO-DICIEMBRE 2025, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Calle Sigma Núm. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Teléfonos: 618 8142091 y 618 8144540. <http://www.ciidirdurango.ipn.mx/vidsupra.html>. Editor responsable: Dr. Eduardo Sánchez Ortiz. Certificado de reserva de derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2023-122013590600-102, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. ISSN en trámite. Responsable de la última actualización de este número, Claudia Elia Soto Pedroza, UTEyCV del CIIDIR Unidad Durango, Calle Sigma Núm. 119, Fracc. 20 de Noviembre II. C.P. 34220. Fecha de última modificación 30 de diciembre de 2025.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

* Fotografía: Vencedores, San Dimas Durango. Autor: Dr. Marco Márquez Linares.



Educación
Secretaría de Educación Pública



Instituto Politécnico Nacional
"La Técnica al Servicio de la Patria"

CONTENIDO

- 89 **DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL MUNICIPIO DE DURANGO, MÉXICO.**
Alejandro Leal-Sáenz, Gustavo Pérez-Verdín, Rebeca Álvarez-Zagoya, Christian A. Wehenkel
- 105 **LAS ESPECIES DE GALLINA CIEGA (Coleoptera: Melolonthidae) EN JALISCO, MÉXICO ¿CUALES SON REALMENTE PLAGAS?**
Juan Francisco Pérez-Domínguez, Javier Ireta-Moreno, Hugo Ernesto Flores Lopez
- 117 **MODELO PARA PREDECIR EL DESARROLLO DE *RHYACIONIA FRUSTRANA* SCUDDER (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) SOBRE *PINUS GREGGII* ENGELM. EX PARL. (PINACEAE) EN NUEVO IDEAL, DURANGO.**
Dulce Guadalupe Castañon-Alaniz, Rebeca Álvarez-Zagoya
- 127 **BIENESTAR DIGITAL EN AMBIENTES EDUCATIVOS: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO**
Gali Aleksandra Beltrán Zhizhko, Luis Fernando Marrufo, Cintia Germania García Arámbula, Nancy Victorino Esparza, Raúl Iván Herrera González
- 146 **METODOLOGÍA RADIOGRÁFICA PARA LA EVALUACIÓN DE AGENTES DE DETERIORO EN SEMILLAS FORESTALES**
Alejandro Leal-Sáenz, Rebeca Álvarez-Zagoya, Kristen M. Waring³, Christian Wehenkel

DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL EN EL MUNICIPIO DE DURANGO, MÉXICO.

Alejandro Leal-Sáenz¹, Gustavo Pérez-Verdín¹, Rebeca Álvarez-Zagoya¹,
Christian A. Wehenkel²

¹Investigador SECIHTI adscrito al Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera,
Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.

²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango, Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre
II, Durango 34220, Durango, México ® Becaria COFAA-IPN

³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango,
Durango, México. *Autor para correspondencia: insectpinus@gmail.com

ANTECEDENTES

La cuenca San Pedro-Mezquital (CSPM) se encuentra ubicada en el Noroeste de la república mexicana, cuenta con una superficie de 29,445 km² (2,767,406 ha) repartidas en tres estados: Durango, Zacatecas y Nayarit. Se encuentra dividida en 11 subcuencas: Santiaguillo, La Tapon, La Sauced, El Tunal, Santiago Bayacora, Durango, Poanas, Súchil, Graseros, río Mezquital, río San Pedro (WWF, 2024).

Las aguas residuales son aquellas aguas que han sido afectadas por la acción del ser humano, sin embargo, no todas las aguas residuales llevan la misma cantidad y calidad de contaminantes (Lozano, 2023). Estas aguas están afectando la calidad de los ríos que transcurren en el estado de Durango.

Para el año 2018 en el estado de Durango se tenían en operación 47 plantas de tratamiento de aguas industriales con una capacidad instalada de 1.13 (m³/s) con un caudal tratado de 0.66 (m³/s) (CONAGUA, 2019). El cual se considera bajo comparado con otras entidades como Baja California, Sinaloa, Sonora.

Existen problemas que son continuos en el saneamiento de excretas y aguas residuales de comunidades rurales dentro de los que destacan ingresos bajos, bajo nivel técnico del personal que opera los sistemas y no tienen acceso alguno a las tecnologías avanzadas (Collí Misset, 2000).

La norma oficial mexicana NOM-003-ECOL-1997, menciona que las poblaciones mayores de 2,500 habitantes en adelante deberán contar con una planta de tratamiento para evitar problemas de contaminación y salud, ya que si rebasan los límites máximos permisibles de esta norma quedan obligados a presentar un programa de acción y realizar un control (DOF, 1998). Para las poblaciones pequeñas o familias, se recomienda la construcción de un humedal artificial para tratar sus aguas y así se responsabilicen de sus descargas y usos.

Humedales artificiales.

Los humedales artificiales son áreas que se encuentran inundadas o saturadas ya sean por aguas superficiales o subterráneas y con una frecuencia constante para tener varias plantas predominantes las cuales se desarrollan en presencia de suelos saturados, con presencia de gravas o arenas y sedimentos finos como arcillas y limos. Cuentan con vegetación emergente la cual remueve materia orgánica por las interacciones con los microorganismos y la atmósfera, proporcionando formación de películas bacterianas y transferencia de oxígeno (Sierra y López, 2013).

En zonas urbanas no se encuentran humedales artificiales contruidos o son muy poco comunes de encontrar, ya que se requieren de espacios mayores. El área para desarrollar debe de ser aproximadamente de 3.4 m² por cada persona. Por esta razón es que es más útil en poblaciones menores en zonas rurales y con mayor espacio y de esta manera sería más económico y fácil de operar (Marín-Muñíz, 2017).

Tipos de sistemas de tratamiento

Las alternativas para el desarrollo de pequeños microhumedales en las localidades o comunidades pequeñas va a depender de los insumos de la región, los recursos y el tipo de energía disponible en la zona para que se lleve la descomposición de la materia orgánica en sistemas naturales.

Estos sistemas van a optimizar la descomposición aerobia y anaerobia realizados por microorganismos del agua y del suelo, así como las plantas van ayudar a optimizar estos procesos con intervención nula o mínima de energía electromecánica. Dentro de esta clasificación de sistemas se encuentran las lagunas de estabilización, lagunas con macrofitas como *Lemna* spp. (lenteja de agua), los lechos de hidrófitas, la infiltración en el terreno, los filtros de arena y el tanque séptico. Esto se puede a escalar a nivel individual de acuerdo a las necesidades de descargas de agua de cada familia. Hay que tener en cuenta que los sistemas electromecánicos utilizan la energía eléctrica para generar oxígeno y/o accionar dispositivos de bombeo, mezcla, rotación, dosificación y de control de equipos (Collí Misset, 2000).

Beneficios de los humedales urbanos

Los humedales absorben el agua de las inundaciones. Además, los manglares, marismas de agua salada y arrecifes de coral son como barreras que protegen a las ciudades costeras durante las mareas. Pueden depurar el agua que se filtra en los acuíferos, lo que ayuda a recargarlos durante periodos de lluvia. El suelo con limo y la vegetación de la región o zona funciona como un filtro de agua que absorbe contaminantes, pesticidas, y desechos industriales del agua. Crean también una atmosfera refrescante y purificadora de manera natural debido a la vegetación

abundante, además de que son espacios verdes naturales donde las personas se divierten y se relajan, estudios afirman que esto mejora la salud física y emocional de las poblaciones (RAMSAR, 2009).

Objetivo

Elaborar un diseño de humedal artificial para el tratamiento de agua residual domestica utilizando la planta *Schoenoplectus americanus*.

Sitio de estudio

El sitio del estudio fue en una vivienda en la localidad Antonio Castillo en el estado de Durango, México (Figura 1) con las coordenadas latitud $24^{\circ}1'49.88''\text{N}$, longitud $104^{\circ}33'34.53''\text{O}$ y 1,870 msnm, con una familia de 8 personas. Esta vivienda fue propuesta como modelo de prototipo de humedal artificial que reunió las condiciones de propiedad, pendiente y disponibilidad de trabajo.

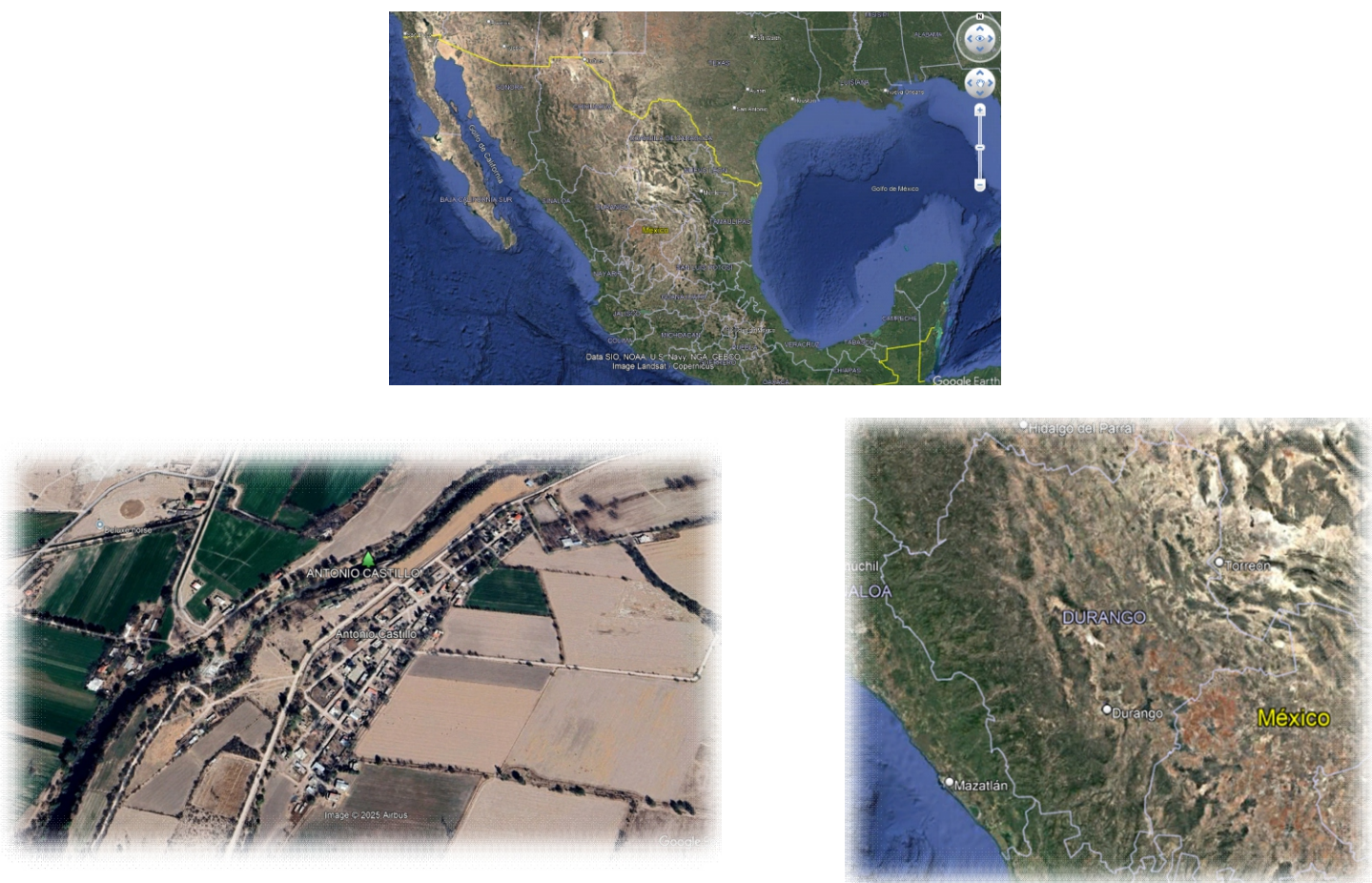


Figura 1. Localidad Antonio Castillo del municipio de Durango, Durango México donde se realizará el diseño para el microhumedal artificial (Mapa realizado con Google Earth Pro 2026).

Criterios para el diseño de humedales de flujo subsuperficial, de acuerdo con U.S. EPA (2000):

- Disponibilidad de terreno.
- Disponibilidad y costos de arena o de grava
- Tipo de suelo (arcilloso, arenoso, entre otros.)
- Accesibilidad del área donde se planea construir el humedal
- Porcentaje y edad del sistema de alcantarillado
- Distancia del sitio de descarga al sitio asignado para el humedal
- Existencia de un tratamiento previo (ejemplo: tanque séptico, rejillas)
- Tipos de macrófitas de la región que puedan aprovecharse en los humedales
- Población actual y población proyectada.

Parámetros de diseño.

Caudal de diseño (actual y de la población futura), parámetros fisicoquímicos (Temperatura, pH, Turbidez, Conductividad, Solidos Totales, Solidos Totales Volátiles), parámetros bacteriológicos (coliformes fecales), con una calidad esperada en el agua de salida conforme a la normativa para descarga a cuerpo receptor o tipo de reutilización (ejemplo: riego, acuacultura, entre otros). Se tomarán en cuenta de acuerdo a normas ya establecidas (Tabla 1) y con la información obtenida.

En la Figura 2 podemos ver las medidas y el acomodo del perfil del humedal artificial, donde la grava es de 3.2 cm (Figura 3), la cual estará en la parte de abajo con solo 10 cm de espesor y en su mayoría tendrá la gravilla que de acuerdo al proyecto realizado es de 16 mm (Figura 3) la cual genera un efecto positivo en el removimiento de contaminantes y disminución de bacterias patógenas a los 7 días.

Tabla 1.- Parámetros típicos de diseño para humedales construidos para tratamiento de aguas residuales domésticas (Arias y Brix, 2003).

Tipo Flujo	Superficial	Subsuperficial Horizontal	Subsuperficial Vertical
Carga Orgánica Afluente	$<112 \text{ g DBO}_5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$	$<150 \text{ g DBO}_5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$	$<112 \text{ g DBO}_5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$
Carga Hidráulica	$< 5 \text{ cm d}^{-1}$	$< 5 \text{ cm d}^{-1}$	$< 5 \text{ cm d}^{-1}$
Tiempo de Retención Hidráulica	5 – 15 días	> 5 días	1-2 días
Área aproximada por PE	5 m^2 a $20 \text{ m}^2 \text{ PE}$	5 m^2 a $20 \text{ m}^2 \text{ PE}$	1 m^2 a $5 \text{ m}^2 \text{ PE}$
Relación Largo Ancho	10:1	3:1	3:1
Profundidad	$< 0,60 \text{ m}$	$< 0,60 \text{ m}$	$> 1,00 \text{ m}$
Pendiente del Fondo	$< 0,1\%$	$< 0,1\%$	NA
Tipo de Relleno	NA	Arenas y gravas	Arenas y gravas
Vegetación	Variable	Variable	Variable

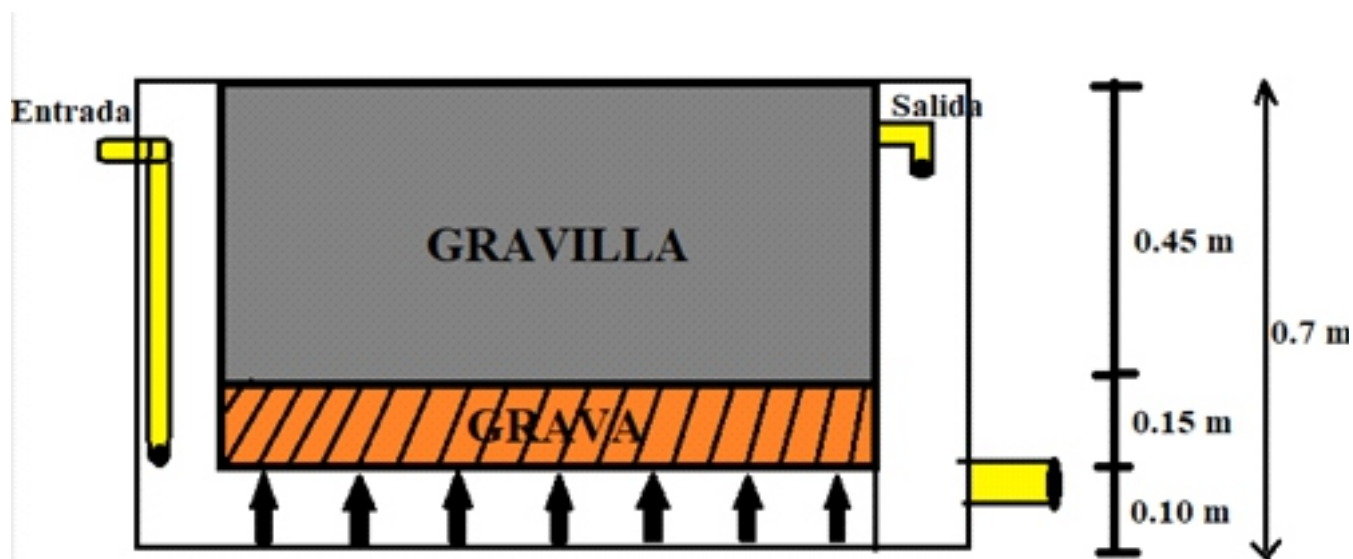


Figura 2.- Vista de perfil del humedal artificial a diseñar.

Tipo de medio	Tamaño efectivo D_{10} (mm)*	Porosidad, n (%)	Conductividad hidráulica, k_s (pie ³ /pie ² /d)**
Arena gruesa	2	28 a 32	300 a 3,000
Arena con grava	8	30 a 35	1,600 a 16,000
Grava fina	16	35 a 38	3,000 a 32,000
Grava mediana	32	36 a 40	32,000 a 160,000
Roca triturada	128	38 a 45	16×10^4 a 82×10^4

* mm x 0.03937 = pulgadas

** pie³/pie²/d x 0.3047 = m³/m²/d, o, x 7.48 = galones/pie²/d

Fuente: Reed et al., 1995

Figura 3.- Características típicas del medio de humedales de flujo subsuperficial.

En la Figura 4 podemos ver las medidas de la estructura para una familia de 8 habitantes, estimada al aumento de 2 habitantes más en el transcurso del tiempo y poniendo un gasto de consumo diario por habitante de 150 litros de agua residual de una persona al día (en zona rural se estima un gasto de 80 litros por día) y teniendo una retención en el humedal artificial de 7 días de acuerdo a los datos obtenidos en este proyecto y de observaciones de otros trabajos ya realizados (Arias y Brix, 2003) (Tabla 2).

Tabla 2 . Parámetros para el diseño del humedal artificial:

Parámetro	Valor
Área superficial (m ²)	15
Ancho (m)	3
Largo (m)	5
Volumen de grava (m ³)	7.5
Tiempo de retención hidráulica (d)	7
Volumen de agua residual (m ³)	10.5

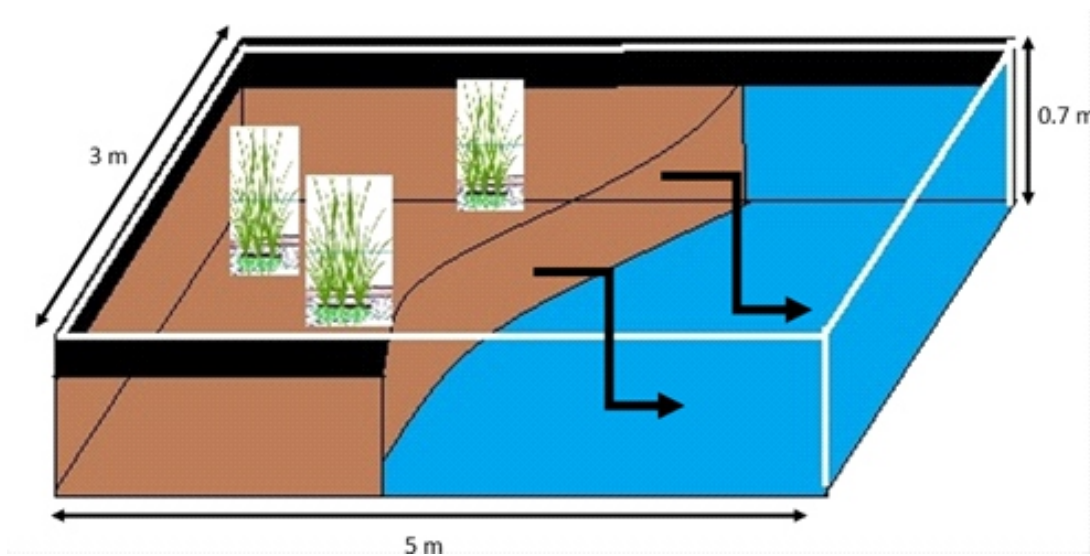


Figura 4.- Dimensiones de la estructura del humedal artificial.

En la Figura 5 podemos ver en qué posición quedaría la trampa para grasas y sólidos, la cual tiene que ir antes de ingresar al sistema de biofiltro del humedal para poder extraer todas las grasas y los sólidos de mayor tamaño, el afluente pasaría al sistema de biofiltro después de haber transcurrido por esta trampa de grasas y sólidos.

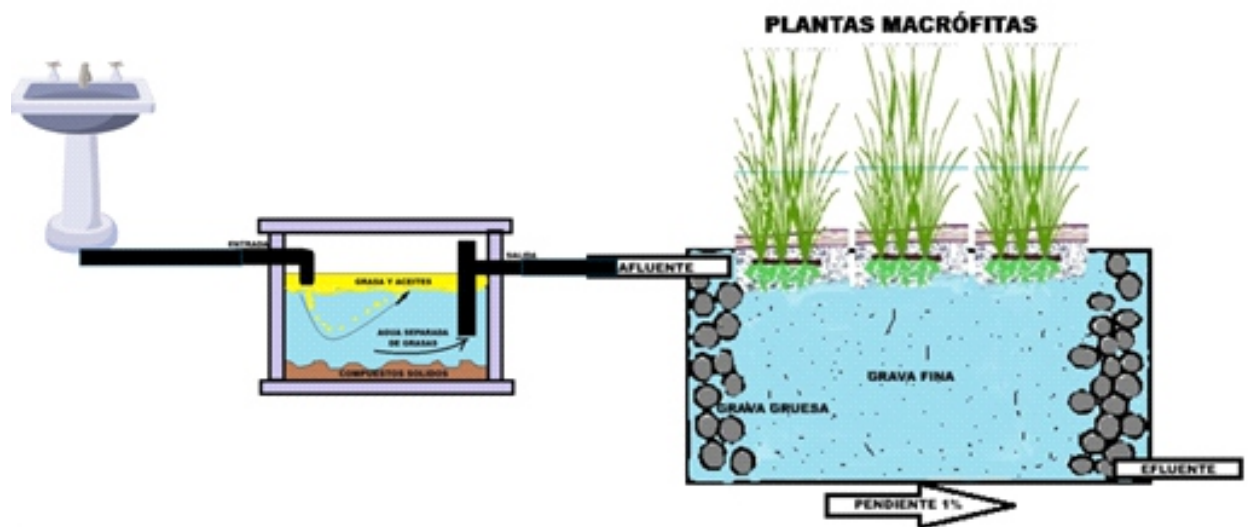


Figura 5.- Sistema con análisis de trampas de grasas y sólidos, así como el biofiltro.

En la Figura 6 se observa cómo quedaría todo el sistema de humedal artificial en el hogar con la terminación de las aguas tratadas en un sistema de cultivo de árboles frutales, de sombra o cultivos de temporal, el cual se puede aprovechar para aumentar los ingresos del hogar o disfrutar de una vista escénica para disfrute de la familia y vecinos.

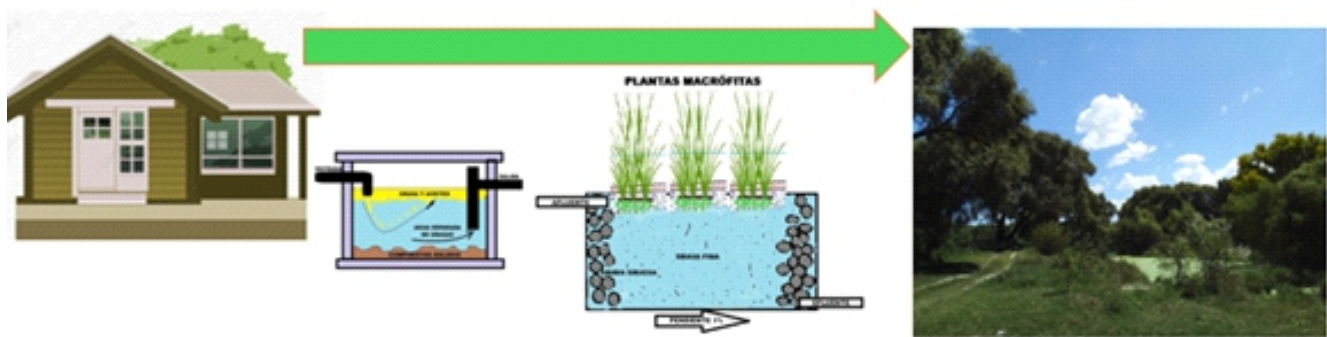


Figura 6.- Sistema de humedal el cual tendría como destino final el aprovechamiento del agua en una plantación frutal, de sombra o cultivos de temporal.

En la Figura 7 podemos ver ejemplo de diseño de construcción de como seria el sistema de biofiltros el cual generaría una vista escénica que pudiera resaltar en el entorno.



Figura 7.- Ejemplo de instalación de infraestructura para humedal artificial, Fuente: SARAR 2011.

También es necesario considerar los aspectos hidráulicos del sistema porque a lo largo del humedal existe una considerable resistencia al flujo por fricción debido a la presencia del medio de grava, las raíces de las plantas y los detritos. A medida que la distancia de flujo aumenta la resistencia se hace mayor. Para evitar esos problemas hidráulicos se recomienda un

cociente de longitud a ancho de 4 a 1, o menor. La ley de Darcy es aceptada generalmente como el modelo para el flujo del agua en los humedales. El flujo del agua a lo largo de las celdas del humedal depende del gradiente hidráulico en la celda, así como la conductividad hidráulica (k_s), el tamaño y la porosidad del medio utilizado (n) (U.S. EPA, 2000).

¿Qué planta es la que se va a utilizar dentro de este humedal artificial?

La herbácea que vamos a utilizar y que es de la región del bosque de Ribera del río Tunal es *Schoenoplectus americanus*, la cual en los datos obtenidos en el proyecto demostró ser de excelente adaptación y que tuvo excelentes eficiencias en bajar el contenido de contaminantes, además de que su raíz se adaptó perfectamente al sustrato, se pretende realizar una densidad de plantación de 0.3 metros entre planta, con una plantación total de 135 macrófitos.

¿Cómo es el proceso de depuración y filtración de los contaminantes en el humedal artificial?

Este proceso se explica en la Figura 8, donde podemos ver la entrada de agua residual al sistema, después de haber

pasado en el sistema de trampa de grasas y sólidos, quedan en primer lugar los sólidos restantes en suspensión los cuales se pueden filtrar, en el caso de la materia orgánica contenida en el efluente empieza el proceso de degradación por parte de las bacterias y patógenos, ahí mismo a través de esa planta que da cobijo a esas bacterias se realiza la aportación de suministro de O₂, después en los contaminantes fosforo, nitrógeno y otros más contenidos en el sistema pueden pasar las siguientes procesos de que sean absorbidos a través del sistema radicular de la planta *S. americanus* o en el caso del nitrógeno que haya una desnitrificación y este sea liberado como compuesto gaseoso, el fosforo puede ser también la absorción o ser adsorbido en el sistema de biofiltro o precipitado.

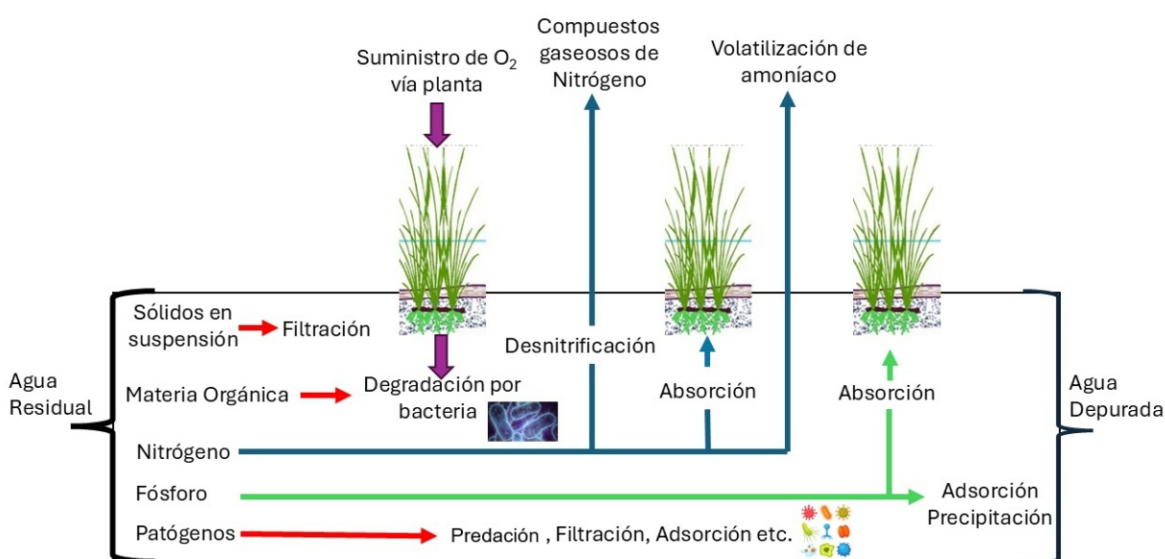


Figura 8.- Esquema típico de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial

Materiales y costo de inversión del humedal artificial

Los materiales y herramientas necesarios para la construcción del humedal dependen en gran medida del tamaño del sistema y del sitio donde se construirá.

Los principales elementos que se incluyen en los costos incluyen:

- Evaluación del sitio
- Limpieza del sitio
- Movilización de suelos
- Recubrimiento
- Medio de grava
- Las plantas
- Cercas
- Tuberías
- Picos, palas, carretillas, machetes, flexómetro, hilo, estacas, cincel, martillo y pinzas.
- Máquinas de excavación
- Carros de volteo o camionetas de carga
- Ladrillos o bloques
- Cemento, mortero
- Aditivos y selladores
- Mantenimiento del humedal

Como podemos ver son una serie de actividades, mano de obra, materiales, equipo, vehículos y experiencia que se requiere para la realización de un humedal artificial, en el caso de nuestro humedal artificial que cotizamos con una empresa la cual realizaría todas las actividades descritas anteriormente, el costo asciende hasta los \$87,174.00 pesos mexicanos a fechas del 2025 (Figura 9), es un costo elevado para una familia, por lo cual se recomienda que se trabaje con material de la zona, se utilicen las herramientas, la experiencia de las personas de los poblados y los vehículos para que podamos bajar estos costos hasta en un 70%.

ESPACIAL INTERIOR TALLER DE ARQUITECTURA		Cotización Núm.: :	
		COTIZACION 005	
		Fecha:	08/jul/2025
		Nombre:	Alejandro
Obra: SISTEMA DE BIOFILTRO DEL HUMEDAL		Dirección:	HUMEDADL
		Página:	1 de 1
RESÚMEN DEL PRESUPUESTO POR AGRUPADO:		RES	
		Importe Acumulado de la Hoja Anterior :	\$75,150.00
UNIDAD	DESCRIPCIÓN	IMPORTE	
		CON NÚMERO	
15.00 M2	Construcción de sistema de biofiltro del humedal, con un ancho 3.0 MTS Largo 5.0 MTS Y 0.70 MTS de Profundidad con trampa de sólidos, ubicada en el poblado o localidad antonio castillo, incluye la evaluación en sitio, limpieza, movilización de suelos, recubrimientos, adhesivos, tubería pvc 6", grava, plantas y estructura con armado con varilla de 3/8, con colado de concreto y acabados finales con recubrimientos pétreos, acarreo de materiales al lugar incluye: mano de obra y suministro de materiales y, excavación por medios mecánicos y acarreo de excedente de material producido de la fosa en una superficie de 15 m2.	\$75,150.00	
NOTA: PRESUPUESTO VIGENTE HASTA 15 DIAS.			
		SUB TOTAL	\$75,150.00
		TOTAL	\$12,024.00
			\$87,174.00

Figura 9.- Cotización de humedal artificial de la empresa Espacial Interior Taller de Arquitectura.

Bitácora de actividades del humedal artificial.

Fecha: XX/XX/2026		Nombre del operador:	
Actividad	Marcar con X	Tiempo (minutos)	Fecha de realización
Limpieza de rejillas			
Extracción de lirio del tanque			
Limpieza de basuras sobre los vertedores			
Poda de plantas seniles			
Poda sistemática de la vegetación			
Limpieza del interior de los tubos de interconexión			
Extracción de natas del tanque de almacenamiento			
Revisión de las telas mosquiteras o tapas de los tubos de muestreo			
Revisión de nivel de agua del humedal			
Revisión de plantas del humedal			
Extracción de basura dentro de los humedales			
Accionar las llaves de paso de todos los registros			
Poda de árboles frutales o de sombra			
Poda de la vegetación herbácea en áreas fuera del sistema			
Revisión de la malla perimetral			
Sustitución de empaques o sellos			
Otras actividades (especifique)			

CONCLUSIONES

Los humedales artificiales se presentan como una nueva alternativa ambiental, y económica que ayuda a mejorar la calidad de agua generada del desecho de los hogares, se favorece con esto el poder reutilizar el agua de desechos ya sea industriales, agrícolas o del hogar para diferentes usos y retornar esta agua al medio ambiente. Además de que se genera una gran vista panorámica al entorno con los beneficios que conlleva un microclima local además de beneficios económicos si se llegan a establecer zonas de frutales. En la localidad de Antonio Castillo es viable realizar este tipo de humedales por familia o por localidad ya que cuentan con el espacio para poder realizarlo además de que parte de los recursos para poder elaborarlos los puede aportar la familia. Una de las ventajas que tendrán es poder tener un sitio de producción de árboles frutales y de sombra, el cual en un futuro va a generar un apoyo económico, con este tipo de humedales artificiales se pretende disminuir o eliminar la carga de contaminantes al río Tunal y pronto recuperar el bosque de Ribera a plenitud el cual era parte de esas zonas de la cuenca San Pedro Mezquital hace unas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias, C. A., & Brix, H. (2003). Humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales. *Ciencia e ingeniería neogranadina*, 13, 17-24. DOI: <https://doi.org/10.18359/rcin.1321>
- Collí Misset, J. (2000). Paquetes tecnológicos para el tratamiento de excretas y aguas residuales en comunidades rurales. Manual de diseño de agua potable, alcantarillado y saneamiento. LIBRO II PROYECTO 3a. SECCIÓN POTABILIZACIÓN Y TRATAMIENTO. INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA, SEMARNAP, COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. Primera edición. Primera reimpresión. ISBN 968-7417-12-9
- CONAGUA (2019). Estadísticas del agua en México | Comisión Nacional del Agua | Gobierno | Disponible en: <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/publicaciones-estadisticas-y-geograficas-60692> (Acceso: 26 May 2024).

- DOF. 1998 NORMA Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público. D.F., México <https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3297/1/nom-003-semarnat-1997.pdf> (15 febrero 2023).
- Lozano, R. (2023) Etapas del tratamiento de aguas residuales | BossTech Blog. Available at: <https://bosstech.pe/etapas-tratamiento-aguas-residuales/> (Accessed: 13 Jun 2025).
- Marín-Muñiz, J. L. (2017). Humedales construidos en México para el tratamiento de aguas residuales, producción de plantas ornamentales y reúso del agua. AGRO productividad, 10(5): 90-95.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, Que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. https://paot.org.mx/centro/normas_a/2022/2022_03_11_MAT_semarnat.pdf
- RAMSAR. (2009). Humedales: esenciales para un futuro urbano sostenible. Convención de Ramsar sobre humedales. Nota informativa, 10. www.ramsar.org
- Reed, S.C., R.W. Crites, E.J. Middlebrooks (1995) Natural Systems for Waste Management and Treatment –Second Edition, McGraw Hill Co, New York, New York.
- SARAR, Jade Latargere (2011). Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. Visto en línea: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-horizontal-subsuperficial> (25 agosto 2025).
- Sierra P., O. M. y G. López O. (2013). Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. Revista de Divulgación Kuxulkab. 36(XIX): 47-55. ISSN:1665-0514
- U.S. EPA. (2000) Design Manual Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment, US EPA CERL, Cincinnati, Ohio
- WWF. (2024). La cuenca del río San Pedro Mezquital. Ficha técnica. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/fichatecnica_sanpedromezquital.pdf (acceso mayo 2025).

SARAR, Jade Latargere (2011). Humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. Visto en línea: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-horizontal-subsuperficial> (25 agosto 2025).

Sierra P., O. M. y G. López O. (2013). Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. Revista de Divulgación Kuxulkab. 36(XIX): 47-55. ISSN:1665-0514

U.S. EPA. (2000) Design Manual Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment, US EPA CERL, Cincinnati, Ohio

WWF. (2024). La cuenca del río San Pedro Mezquital. Ficha técnica. https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/fichatecnica_sanpedromezquital.pdf (acceso mayo 2025).

Ensayo Divulgación

LAS ESPECIES DE GALLINA CIEGA (Coleoptera: Melolonthidae) EN JALISCO, MÉXICO ¿CUALES SON REALMENTE PLAGAS?

Juan Francisco Pérez-Domínguez¹ Javier Ireta-Moreno¹ y Hugo Ernesto Flores Lopez¹

Instituto Nacional de Investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Av. Biodiversidad 2470.

C.P. 4766 col. Centro Tepatitlan de Morelos, Jalisco, México.

RESUMEN

Jalisco es una de las principales entidades de la república mexicana en la producción de maíz. La productividad de este cultivo se ve limitada por los insectos que atacan la raíz, destacando el complejo "gallina ciega" (Coleoptera: Melolonthidae) como uno de los principales factores limitantes, con pérdidas en el rendimiento que pueden ser de hasta casi 4000 kg. El objetivo de este trabajo fue identificar las especies de gallina ciega de mayor importancia económica en las regiones Altos, Valles, Centro y Ciénega de Chapala, analizando su diversidad y abundancia estacional.

Se realizó una revisión de los estudios desarrollados por diversos autores en la entidad. Los resultados indican que el género *Phyllophaga* Harris es el más diverso y dañino, destacando *Phyllophaga ravidata* (Blanchard) como la especie más abundante y con mayor continuidad poblacional en la región Centro y Valles. En Ameca (ubicada en la región de los Valles), *P. ravidata*, *P. polyphylla* y *P. misteca* presentan la mayor importancia agrícola. En los Altos de Jalisco, donde también existe amplia diversidad de especies, *P. ravidata* y *P. misteca* y *Cyclocephala lunulata* tienen importancia económica para el cultivo de maíz en Jalisco y en la Región Ciénega de Chapala: *P. ravidata* y *Cyclocephala lunulata* son las especies mas importantes. Se concluye que, aunque en Jalisco existe mucha diversidad de especies de gallina ciega, en cada región evaluada solo algunas especies tienen importancia económica y las especies mas importantes en cada región son las ya mencionadas.

PALABRAS CLAVE

Zea mays, plagas de raíz, *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, diversidad de especies.

ABSTRACT

Jalisco is one of the leading corn-producing states in Mexico. The productivity of this crop is limited by root-attacking insects, with the white grub complex (Coleoptera: Melolonthidae) standing out as one of the main limiting factors, causing yield losses it can be up to almost 4000 kg. The objective of this study was to identify the most economically important white grub species in the Highlands, Valleys, Central, and Ciénega of Chapala regions, analyzing their diversity and seasonal abundance.

A review of studies conducted by various authors in the state was carried out. The results indicate that the genus *Phyllophaga* Harris is the most diverse and damaging, with *Phyllophaga ravidia* (Blanchard) being the most abundant species and exhibiting the greatest population continuity in the Central and Valleys regions. In Ameca (located in the Valleys region), *P. ravidia*, *P. polyphylla*, and *P. misteca* are of great agricultural importance. In the Highlands of Jalisco, where there is also a wide diversity of species, *P. ravidia*, *P. misteca*, and *Cyclocephala lunulata* are economically important for maize cultivation in Jalisco. In the Ciénega de Chapala region, *P. ravidia* and *Cyclocephala lunulata* are the most important species. It is concluded that although there is a great diversity of white grub species in Jalisco, in each region evaluated only some species are economically important, and the most important species in each region are those already mentioned.

KEYWORDS

Zea mays, root pests, *Phyllophaga*, *Cyclocephala*, species diversity.

INTRODUCCIÓN

Jalisco es uno de los mas importantes productores de maíz en México con mas de un millón de hectáreas de temporal sembradas (Anónimo, 2026) , Además de ser uno de los estados de la república mexicana donde ha sido identificado mayor cantidad de especies de gallina ciega. Este cultivo no solo representa la base de la alimentación, sino que es el eje de la actividad agrícola en diversas regiones del estado (Anónimo, 2026). El potencial productivo del maíz y sorgo en Jalisco constantemente está limitado por factores bióticos, como los insectos plaga del suelo llamados comúnmente "gallina ciega", integrado por larvas de escarabajos de la familia Melolonthidae (Pérez-Domínguez *et al.* 2010).

Se han realizado estudios muy diversos para definir la importancia de las gallinas ciegas. Morón-Ríos (1988 y 2003) determinó la identificación a nivel específico de gallinas ciegas en diversos estados del país, entre ellos Jalisco; además de marcó el inicio de posteriores investigaciones que se realizaron en Jalisco , algunas de ellas aquí analizadas. Antes de estos estudios, no se conocían las especies de gallina ciega, los reportes solo mencionaban *Phyllophaga* spp. El aporte de los trabajos de Morón en Jalisco fue determinar las especies de gallinas ciegas en la entidad (Morón, 2003).

Los daños ocasionados por estas larvas se manifiestan directamente en el sistema radicular de la planta. Al alimentarse de las raíces, las larvas provocan una deficiencia en el desarrollo de la planta, marchitamiento, acame de raíz durante la etapa reproductiva y, en infestaciones severas, la muerte del hospedero (Rodríguez del Bosque y Marín-Jarillo, 2008; De Oliveira y Frizzas, 2021; Mendez-Pérez *et al.* 2006; Lugo-García *et al.* 2012). Estas afectaciones se traducen en reducciones significativas del rendimiento, habiéndose reportado pérdidas de hasta 3,841 kg/ha de grano en la región de la Ciénega de Chapala (Pérez-Domínguez y Alvarez-Zagoya 2003; Pérez-Domínguez *et al.* 2010). A pesar de su importancia económica, el estudio de este grupo de insectos presenta una gran complejidad debido a la alta diversidad de especies, las cuales no siempre son plagas (Morón, 2003).

En Jalisco, las investigaciones sobre gallinas ciegas han abordado aspectos taxonómicos, ecológicos y agrícolas del grupo. Los estudios de distribución han documentado la presencia de especies en ecosistemas forestales , como bosques de pino-encino y bosque mesófilo de montaña (Garcia-Montiel *et al.* 2003; Bustos-Santana y Rivera-Cervantes, 2003),; así como en agroecosistemas de maíz, (Valdes-Martínez, 1986; Nájera 1988 (a y b); Soltero Diaz *et al.* 2011),

sorgo (Medina-Ocegueda *et al.* 2006; Pérez-Domínguez *et al.* 2018) y Agave tequilero Angelina-Baños *et al.* (2007) ; Pérez-Domínguez y Rubio-Cortés, 2007).

En Jalisco se han generado numerosas investigaciones: la diversidad e importancia económica de gallinas ciegas en: la región de los altos (Díaz-Mederos y colaboradores *et al.* (2006); en la región Valles (Nájera, 1988 a; Pérez-Domínguez, 1991; Nájera, 1993) y en la región Ciénega de Chapala (Soltero-Díaz *et al.* 2004; Medina-Ocegueda *et al.* 2006; Pérez-Domínguez *et al.* 2010; 2018).

Como producto de estas investigaciones se ha determinado amplia variabilidad en la composición de especies por localidad en el estado, aunque con algunas especies no hay evidencia de importancia económica. En cuanto al daño ocasionado por estos insectos, es necesario precisar que especies son las responsables del mayor daño económico; por lo tanto el objetivo del presente trabajo de revisión y compilación, fue sintetizar el conocimiento disponible sobre las especies de gallina ciega en las regiones Altos, Valles, Centro y Ciénega de Chapala, considerando aspectos de identificación taxonómica, distribución, abundancia y hábitos alimenticios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un análisis de datos de las investigaciones realizadas sobre el tema, a nivel región o de grupos de municipios; Región de los Altos de Jalisco, específicamente en Tepatitlán, Arandas, San Miguel el Alto, Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos, Ojuelos, Jesús María, Valle de Guadalupe y Jalostotitlan, (Díaz-Mederos, *et al.* 2006). Región Valles (Pérez-Domínguez, 1991; Nájera, 1988 a), en la región centro (Zapopan) (Nájera 1988) y en la región Ciénega de Chapala (Soltero-Díaz *et al.* 2011; Medina-Ocegueda *et al.* 2006; Pérez-Domínguez *et al.* 2010; 2018). En la región Altos de Jalisco, en cuatro zonas agroclimáticas, se tomaron en cada parcela revisada, 25 muestras o cepellones de suelo de 30 X 30 X 30 cm, el área que ocupa toda la raíz de cada planta; en áreas de una hectárea, sembradas con maíz. Fueron colectadas larvas en cultivos de maíz y tomaron datos de diversas variables, entre ellas: precipitación pluvial, temperatura media, tipo de suelo y profundidad de suelo. Las larvas y adultos colectados en los muestreos fueron identificados, primero a nivel género y después a nivel especie; se registró además la abundancia y distribución de las poblaciones insectiles. (Díaz-Mederos, *et al.* 2006).

En la región de Los Valles, específicamente en Ameca, Arenal Atenguillo, Ahualulco, Magdalena, Mixtlán y Tequila) y en la región Centro (Zapopan) el proceso para la identificación y distribución estacional de poblaciones de gallina ciega se dio de la manera siguiente: En experimentos para evaluar daños, fueron realizados muestreos de larvas desde los 8 hasta 22 días después de la siembra, a intervalos de 15 días aproximadamente (Nájera, 1988 b).

Además de registrar las poblaciones insectiles encontradas, se evaluó el daño de raíz, porcentaje de acame de raíz, para relacionar la magnitud de daños con las especies de gallina ciega identificadas en esa parcela. Las colectas de adultos fueron obtenidas mediante la utilización de dos trampas de luz ultravioleta, establecidas en las localidades de Ameca y Zapopan (Nájera, 1988 b).

En el municipio de Ameca, fue establecida como trampa, una lámpara de luz ultravioleta para la captura de insectos con hábitos fototróficos. Fueron registrados insectos adultos capturados semanalmente, de abril a diciembre, durante 3 años. Los registros fueron realizados tres veces por semana (Pérez-Domínguez, 1991).

En otro estudio, también en la Ciénega de Chapala (Soltero-Díaz *et al.* 2011) para detectar poblaciones de gallina ciega recomiendan revisar antes de aplicar la segunda fertilización (25-30 días

después de la emergencia del cultivo) extrayendo cepellones de 30 X 30 X 30 cm, conteniendo la raíz completa de las plantas en al menos tres sitios por hectárea, procurando que éstos se localicen en puntos representativos de la parcela. De esas muestras obtenidas, eran seleccionados algunos ejemplares para enviarlos a identificar taxonómicamente (Soltero-Díaz *et al.* 2011).

Se ha estudiado también las plagas de suelo en sorgo, en la región Ciénega de Chapala. Medina y colaboradores (2006) recomiendan un plan de muestreo que consiste en extraer cepellones de 30 X 30 X 30 cm conteniendo la raíz completa de una planta de sorgo en, al menos cuatro sitios por hectárea, procurando que estén ubicados a la misma distancia y representativos de la parcela (Medina *et al.* 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morón (1988), reportó que en Jalisco, las especies de importancia económica incluyen a:

- *P. ravida*: Ampliamente distribuida y asociada al maíz en diversas altitudes, entre ellas: Amatitán, Ameca, Tesistán y Ahualulco.
- *P. dentex*: Encontrada en terrenos poco forestados y asociada al maíz en Guadalajara y Amatitán.
- *P. fulviventris*: reportada en Ameca, en maíz y caña de azúcar.
- *P. polyphylla*: San Martín de Hidalgo.

- *P. rubela*: Jocotepec (San Miguel Zapotitan).
- *P. setifera* : Puerto Vallarta, Ameca, Chamela.
- *P. obsoleta*: Ameca.
- *P. misteca*: Localizada en cultivos de maíz entre los 1300 y 2400 msnm.
- *P. lenis*: sin localidad registrada, solo "Jalisco".
- *P. pruinosa*: sin localidad registrada, solo "Jalisco".

De las anteriores especies, el género *Phyllophaga* es predominante; las especies están distribuidas con bastante amplitud ; hay regiones que tienen pocas especies de importancia económica o bien, estas especies son recurrentes en las diversas regiones, las especies de importancia económica son *P. ravidia* y *P. misteca*.

Diversidad de gallinas ciegas en la Regiones Valles y Centro

Los estudios realizados en el municipio de Ameca, representativo de la región de los Valles, con gallinas ciegas adultas, indican alta diversidad de especies (Pérez-Domínguez, 1991). El complejo de gallinas ciegas en esta zona está formado principalmente por siete especies: *Phyllophaga setifera*, *P. fulviventris*, *P. misteca*, *P. pruinosa*, *P. ravidia*, *Anomala inconstans* y *Cyclocephala lunulata*. De este grupo, *Phyllophaga ravidia* fue reportada como la especie de mayor importancia económica debido a su abundancia y regularidad poblacional a lo largo de los

años de estudio (1984-1986).

Las poblaciones de *P. ravidia* fueron más continuas que las de otras especies, apareciendo desde mayo y alcanzando sus máximos niveles de captura en junio y la primera semana de julio, coincidiendo con el establecimiento del temporal y el desarrollo inicial del maíz (Pérez-Domínguez, 1991).

Nájera, (1988 b) identificó un total de 21 especies del género *Phyllophaga* en la misma región Valles, que incluye 15 municipios, además de Ameca. Entre estas, se destacan por su abundancia durante los periodos de colecta *P. ravidia*, *P. misteca* y *P. polyphylla*. Nájera, (1988b) enfatiza que, de las 21 especies colectadas como adultos, doce están registradas con antecedentes de importancia económica como plagas agrícolas según los criterios de Morón (1988). No obstante, al realizar muestreos de larvas directamente en las raíces de maíz, el género *Phyllophaga* representó el 66% de la población de larvas colectadas en 16 municipios de la región Valles, seguido por *Cyclocephala* con un 15%. se determinó que *P. ravidia* y *P. misteca* son las especies dominantes en el consumo de raíces. En la región de los Altos de Jalisco, en 291 muestras de larvas revisadas en parcelas de la región Altos sur, Díaz-Mederos, et. al. (2006) identificaron a *P. dentex* (27.4 % del total de muestras); *P. ravidia* (27.1%); *Cyclocephala lunulata* (17.9%); *C. comata* (9.6%); *C. lurida* (4.8%); *Phyllophaga polyphylla* (4.1%); *P. vetula* (3.1%);

P. fulviventris (2.7%); *P. obsoleta* (2.1%), *Anomala* sp. (= *Paranomala*) (1.0 %); la abundancia total del género *Phyllophaga* en los altos norte y sur . De estas especies encontradas, *P. dentex*, *P. ravidia*, *P. vetula*, *P. polyphylla*, *P. fulviventris* y *P. obsoleta* son especies que Morón (1988; 1993) ubica en el *status* de plaga. la presencia de gallina ciega causa daños severos que se reflejan en la pérdida de plantas y una disminución drástica del rendimiento. Aunque la diversidad específica puede variar, el patrón de daño es consistente con la presencia de especies del género *Phyllophaga* (Díaz-Mederos *et al.*, 2006).

En la Ciénega de Chapala, la dinámica fue ligeramente distinta, ya que la aparición de las larvas de gallina ciega fue de 15 a 30 días mas tardía que *Diabrotica* o *Colaspis chapalensis* (Soltero-Díaz *et al.* 2011), pero su permanencia hasta septiembre prolonga el período de daño al cultivo. En el cultivo de maíz, las especies reportadas causando daños al cultivo en la región Ciénega de Chapala *Phyllophaga ravidia*, *Cyclocephala lunulata*, *Paranomala*, sp. (Soltero-Díaz, *et al.* 2011). En el cultivo de sorgo, se reporta gallinas ciegas solamente a nivel de género *Phyllophaga* sp. *Cyclocephala* spp. y *Anomala* (= *Paranomala*) spp. Además, la proximidad de la región Ciénega con Michoacán sugiere la posible incursión de especies como *Phyllophaga vetula*, la cual ya es una plaga de gran importancia en el estado vecino (Nájera-Rincon, 1988 b).

Identificación de las Especies más Importantes

Al analizar de manera conjunta los trabajos sobre gallina ciega desarrollados en Jalisco, se hace evidente que el complejo de "gallina ciega" en esa entidad es multi-específico, pero su impacto económico está concentrado en muy pocas especies.

1. *Phyllophaga ravidia*: Es la especie que aparece en todas las regiones estudiadas, con mayor distribución geográfica. Su amplia distribución en el estado (Centro, Valles, Ciénega de Chapala), su alta abundancia relativa (llegando a ser el 43% de las capturas en algunos años) y su hábito rizófago la posicionan como la plaga principal (Soltero-Díaz *et al.* 2011; Medina-Ocegueda *et al.* 2006).

2. *Phyllophaga misteca*: Destaca por su alta frecuencia en los muestreos de larvas en raíces y su presencia en la región Valles (Nájera 1988 b).

3. *Cyclocephala lunulata*: Esta reportada con hábitos alimenticios saprófagos, también como rizófaga facultativa, es muy común en las trampas de luz (Pérez-Domínguez, 1991; Nájera 1993), su importancia como plaga de raíz en maíz parece ser secundaria frente a *Phyllophaga*, esta reportada con hábitos alimenticios saprófagos, también como rizófaga facultativa (Lugo-García *et al.* 2012).

1. *Phyllophaga fulviventris*: Aunque menos abundante que *P. ravida*, pero en la región valles tuvo mayor abundancia estacional (Nájera 1988 b; Pérez-Domínguez 1991). El cuadro 1 presenta un resumen de las especies de gallina ciega mas importantes.

Estas especies, no solo están reportadas para Jalisco, algunas de ellas también son de importancia económica en estados vecinos como Guanajuato (Marín-Jarillo y Bujanos- Muñiz, 2008) y Michoacan (Nájera-Rincón, 2010).

Cuadro 1.- Especies plaga: Relevancia económica, regiones donde dominan y características de la especie.

Especie	Regiones Reportadas	Importancia Económica	Evidencia
<i>P. ravida</i>	Centro, Valles, Ciénega, Altos	Alta	Alta abundancia + daño de raíces
<i>P. misteca</i>	Valles	Moderada-alta	Alta abundancia larval
<i>C. lunulata</i>	Ciénega, Altos, Valles, Centro	Alta	Saprófaga facultativa
<i>P. fulviventris</i>	Valles	Moderada	Incremento poblacional

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el trabajo de los revisores anónimos de la revista VIDSUPRA , cuyas aportaciones definitivamente contribuyeron a elevar la calidad del manuscrito.

CONCLUSIONES

El estudio de las especies de gallina ciega en Jalisco revela que:

Existe amplia diversidad de melolontidos en la entidad, pero solo un pequeño grupo de ellos tiene un impacto económico en el cultivo de maíz. *Phyllophaga ravidia*, *Cyclocephala lunulata*, *Phyllophaga misteca* y *Phyllophaga fulviventris* son las especies de mayor importancia agrícola en las regiones Valles, Centro y Altos, debido a su dominancia en los sistemas radicales y su sincronía con el ciclo del cultivo.

Los trabajos aquí analizados indican que la abundancia de adultos en trampas de luz no siempre correlaciona directamente con el daño en campo, siendo el muestreo de larvas el método definitivo para identificar a las especies plaga.

Es imperativo continuar con estudios taxonómicos y ecológicos, especialmente en zonas de transición como la Ciénega de Chapala, para adaptar las estrategias de manejo integrado a las especies específicas presentes en cada región.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Angelina-Baños R., M. A. Morón-Ríos, H. Gonzalez-Hernandez, J.F. Solis-Aguilar, M. Vasquez-Garcia, J.M. Becerra-Lizardi. 2007. Plagas rizófagas. En: Manejo de plagas del agave tequilero. Colegio de Postgraduados y Tequila Sauza S.A. de C.V. Guadalajara, Jal. México. Pp.79-93.
- Anónimo 2026. Panorama agroalimentario 2025.
https://nube.agricultura.gob.mx/panorama_dgsiap/ . Consulta 09 mayo de 2026.
- Bustos-Santana H.R. y L.E. Rivera-Cervantes. 2003. Abundancia estacional de los coleópteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia) asociados a un bosque de pino-encino en la sierra de Quila, Jalisco, México. En: Estudios sobre coleópteros de suelo en América (A. Aragon-Garcia, M. A. Morón-Ríos y A. Marín-Jarillo, eds.) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Pp. 137-148. ISBN: 968-863-684-3
- De Oliveira, C.M.and M.R. Frizzas. 2021. Root consumption and damage estimates caused by *Phyllophaga capillata* and *Aegopsis bolboceridus* (Coleoptera, Melolonthidae) larvae in soybean and maize in central Brazil . Crop Protection 146, 105651.

- Díaz-Mederos, P., M.B. Nájera-Rincón, R. Lezama Gutiérrez, O. Rebolledo Domínguez, H.E. Flores López, J.A. Martínez Sifuentes. 2006. Especies de gallina ciega (coleoptera: melolonthidae) y su asociación con factores agroclimáticos y de manejo del maíz en los altos de Jalisco, México. *Fitosanidad* 10(3): 209-215.
- García-Montiel J.C., L. E. Rivera-Cervantes y M.A. Morón-Ríos. 2003. Composición y abundancia de los melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera) asociados a un bosque mesófilo de montaña, en el municipio de Minatitlán, Colima. *En: Estudios sobre coleópteros de suelo en América* (A. Aragón-García, M. A. Morón-Ríos y A. Marín-Jarillo, eds.) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. Pp. 115 - 127. ISBN: 968-863-684-3
- Lugo-García, G.A., L.D. Ortega-Arenas, A. Aragón-García, H. González-Hernández, J. Romero -Nápoles, A. Reyes-Olivas y M. A. Morón-Ríos. 2012. Especies de gallina ciega (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociadas al cultivo de maíz en Ahomé, Sinaloa, México. *Agrociencia* 46(3): 307-320.
- Marín-Jarillo A. y R. Bujanos-Muñiz. 2008. Especies del complejo "gallina ciega" del género *Phyllophaga* en Guanajuato, México. *Agricultura técnica en México* 34(3): 349-355.
- Medina-Ocegueda S., L. Soltero-Díaz., J.F. Pérez-Domínguez y A. González-Avila. 2006. Tecnología para producir sorgo en la región Ciénega de Chapala. INIFAP. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Folleto para Productores No.3 México 28p.
- Morón Ríos, M. A. 2003. Diversidad, distribución e importancia de las especies *Phyllophaga* Harris en México (Coleoptera: Melolonthidae). *En: Estudios sobre coleópteros de suelo en América* (A. Aragón-García, M. A. Morón-Ríos y A. Marín-Jarillo, eds.) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp. 1 -28. ISBN: 968 863 684 3
- Morón-Ríos M. A. 1988. Las especies de *Phyllophaga* (Coleoptera: Melolonthidae) con mayor importancia agrícola en México. *En: Memoria de la Tercera mesa redonda sobre plagas del suelo* (M.A. Morón-Ríos y C. DeLoya López. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Michoacán. México. Pp. 81-102.
- Nájera-Rincón M.B. 2010. Plagas del suelo en Michoacán. *En: Plagas del suelo*. (Rodríguez del Bosque L.A. y M. A. Morón-Ríos). INIFAP- Colegio de Postgraduados- Universidad Autónoma Chapingo- MundiPrensa México. Cd. de México. Pp. 263-284. ISBN 978-607-7699-06-4

- Nájera-Rincón. M.B. 1988a. Coleopteros rizófagos asociados al maíz de temporal en el estado de Jalisco. Diversidad y Manejo de Plagas Subterráneas *En: Diversidad y Manejo de plagas subterráneas*. Sociedad Mexicana de Entomología e Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Ver. México. P.p.143-154.
- Nájera-Rincón. M.B. 1988b. Control de plagas que afectan el sistema radicular del maíz en Jalisco. Memoria tercera Mesa Redonda sobre Plagas del Suelo. Sociedad Mexicana de Entomología. Morelia, Michoacan, México. pp.249-269.
- Pérez-Domínguez J. F. 1991. Fluctuación estacional de poblaciones de adultos de gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en el centro de Jalisco. *Agrociencia serie protección vegetal* 2(2): 27-41.
- Pérez-Domínguez J. F. y R. Alvarez-Zagoya .2003. Influencia de factores ambientales sobre el desarrollo y la fluctuación poblacional de gallina ciega (*Phyllophaga* spp., y Gusano alfilerillo *Diabrotica virgifera zea* (Coleoptera: Chrysomelidae) en el centro de Jalisco. *En: Estudios sobre coleópteros de suelo en América* (A. Aragon-Garcia, M. A. Morón-Ríos y A. Marín-Jarillo, eds.) Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. pp 231-250. ISBN: 968 863 684 3
- Pérez-Domínguez, J.F., y R. Rubio-Cortés 2007. Tecnología de manejo y control de plagas del agave. *En: Conocimiento y prácticas agronómicas para la producción de agave tequilero (Agave tequilana Weber var. Azul) en la zona de denominación de origen del tequila*. (J.F. Pérez y J.I. del Real (Eds.) Campo experimental Centro Altos de Jalisco. Libro técnico No. 4 Tepatitlan, Jalisco, México. P.p. 137-168.
- Pérez-Domínguez J. F., J. Ireta-Moreno y P. Diaz-Mederos. 2018. Daño ocasionado por gallina ciega *Phyllophaga ravidia* Blanchard (Coleoptera: Melolonthidae) en sorgo de la Ciénega de Chapala, Jalisco México. *En: Diversidad, Ecología y Manejo de insectos rizófagos*. (M. B. Nájera R. y A. Aragón G. (Eds). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. P.p. 95-102. ISBN 978-607-525-547-7.
- Pérez-Domínguez J.F., M.B. Nájera-Rincon y R. Alvarez-Zagoya. 2010. Plagas del suelo en Jalisco. *En: Plagas del suelo*. (Rodríguez del Bosque L.A. y M. A. Morón-Ríos). INIFAP- Colegio de Postgraduados- Universidad Autónoma Chapingo- MundiPrensa México. Cd. de México. Pp. 251-261. ISBN 978-607-7699-06-4

Rodríguez del Bosque L.A. y A. Marín-Jarillo. Insectos plaga y su control. 2008. *En*: Rodríguez Montessoro R. y Carlos de León. El cultivo de Maíz. Temas selectos. Vol 1. Colegio de Postgraduados . Mundi-Prensa México. P.p. 29-46. ISBN 978-968-7462-55-4.

Soltero-Díaz, L., J.L. Ramírez-Díaz., H.E. Flores-Lopez., J.F. Pérez-Domínguez., J.A. Ruiz-Corral., M. Chuela-Bonaparte. 2011. Guía para producir maíz en la región Ciénega de Chapala. INIFAP. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Folleto Técnico No.10

Valdes-Martínez H. 1986. Biología de las plagas del suelo. *Gaceta Agrícola* 30: 2-12

MODELO PARA PREDECIR EL DESARROLLO DE *RHYACIONIA FRUSTRANA* SCUDDER (LEPIDOPTERA: TORTRICIDAE) SOBRE *PINUS GREGGII* ENGELM. EX PARL. (PINACEAE) EN NUEVO IDEAL, DURANGO.

Castañon-Alaniz Dulce Guadalupe¹, Rebeca Álvarez-Zagoya¹

¹Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Calle Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. México. *Correo electrónico: raz_ciidir1@yahoo.com

*Autor para correspondencia: raz_ciidir1@yahoo.com

RESUMEN

El Manejo Integrado de Plagas se describe como una estrategia que combina diferentes métodos biológicos, químicos, físicos y culturales, así como actividades que permiten el manejo de las poblaciones de insectos plaga. Dentro de este enfoque aparece el modelo de grados día que permite predecir los momentos y la acumulación de calor que requiere un insecto en su desarrollo de vida. Para utilizar este modelo se requieren datos diarios de temperatura y del seguimiento del ciclo de vida del insecto objetivo. En Nuevo Ideal, Dgo., en plantaciones comerciales de *Pinus greggii*, la palomilla *Rhyacionia frustrana* Scudder (en: Comstock, 1880), requiere de 582 grados día para completar un ciclo de vida; en su etapa de larva requiere de 231 grados día y en su fase de pupa 485 grados día. El modelo desarrollado permite anticipar la presencia de las diferentes etapas de desarrollo y es una herramienta útil para optimizar el tiempo y las estrategias de monitoreo y control dentro del MIP en las plantaciones comerciales de *Pinus*.

Palabras clave:

MIP, temperatura, ciclo de vida, palomilla, grados-día

ABSTRACT

Integrated Pest Management is described as a strategy that combines various biological, chemical, physical and cultural methods, as well as activities that enable the management of insect pest populations. This approach includes the degree-day model, which allows the prediction of the timing and heat accumulation required daily by an insect during its life cycle. To use this model, daily temperature data and monitoring of the target insect's life cycle are required. In Nuevo Ideal, Durango, in commercial plantations of *Pinus greggii*, the moth *Rhyacionia frustrana* Scudder (*in*: Comstock, 1880), requires 582 degree-days to complete a life cycle; in its larval stage it requires 231 degree-days and in its pupal stage 485 degree-days. The developed model allows the presence of the different developmental stages to be anticipated and is a useful tool for optimizing the timing and strategies of monitoring and control within IPM in commercial *Pinus* plantations.

KEY WORDS:

IPM, temperature, life cycle, moth, degree-days

INTRODUCCIÓN

Rhyacionia frustrana es una de las principales plagas que afectan las plantaciones comerciales de pino debido al daño que ocasionan en los brotes y yemas de crecimiento (Figura 1). La alimentación larval provoca deformaciones del fuste, disminuye la calidad de la madera y genera pérdidas económicas para los productores. Es un insecto del orden Lepidoptera, pertenece al grupo de las palomillas, tiene cuatro fases de desarrollo, huevo, larva, pupa y adulto; su ciclo de vida lo desarrolla en las yemas de crecimiento del pino, se registran hasta 20 hospederos (Cibrián *et al.*, 1995; Álvarez *et al.*, 2023). Presenta una amplia distribución en la parte sur este de

Estados Unidos; en México se localiza en los estados de Durango, Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Michoacán; en América del sur se encuentra en República Dominicana, Costa Rica, Chile, Jamaica, Cuba, Honduras, Guatemala (Hochmut, 1972; Cibrián *et al.*, 1995; Dixon, 2005; Álvarez *et al.*, 2023).

Para controlar las poblaciones del insecto y disminuir el daño provocado en el arbolado, se aplica el Manejo Integrado de Plagas (MIP). Esta estrategia monitorea, previene daños por plagas y reduce sus poblaciones, mediante técnicas como son: el control biológico, el manejo del hábitat y las prácticas culturales, con el menor uso de insecticidas (Jiménez, 2009).

El método de grados día, es un modelo de predicción que indica los momentos específicos en los que aparecen las etapas de desarrollo de un insecto. Este modelo se inserta dentro del MIP como una herramienta para el monitoreo y prevención de las plagas. El uso del modelo grados-día, se basa en la premisa de que los insectos requieren cantidad de calor (energía térmica) para su desarrollo, es decir, indica cuántas unidades de calor requiere cada etapa de crecimiento, lo que permite predecir qué fase de desarrollo está en campo (Marco, 2001).

En el municipio de Nuevo Ideal, Dgo., se detectó la presencia de *R. frustrana* en plantaciones forestales comerciales de pino prieto (*P. greggii*), y la infestación del insecto rebasó el 60% de 100 árboles muestreados (Castañón, 2021). Por ello, el objetivo de este trabajo es indicar las unidades calor que requiere cada fase de desarrollo de *R. frustrana* y presentar el uso del modelo de grados día que permite predecir la etapa de desarrollo del insecto plaga en plantaciones comerciales de *P. greggii* en Nuevo Ideal, Dgo.



Figura 1. Plantación forestal comercial de pino prieto (*P. greggii*) de ocho años en Nuevo Ideal, Durango (Fotografía propia).

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

El Manejo Integrado de Plagas es definido de muchas formas, tiene diferentes enfoques, existe toda una filosofía que contiene conceptos explícitos y profundos, tiene sus bases y principios. Sin embargo, la mayoría de los conceptos utilizados radican en la obtención de los productos de forma sostenible, sin causar impactos negativos al medio ambiente y a la salud humana (Romero, 2004). Se contempla que cada región o sitio debe implementar sus propias estrategias y análisis de poblaciones de insectos para tener un mejor manejo de las poblaciones plaga (Jiménez, 2009).

La definición descrita por Smith y Reynolds (1966), indica que el MIP es un sistema de manejo de las plagas dentro de un contexto donde se asocia el medio ambiente, la dinámica de poblaciones de insectos, utilizando todas las técnicas y métodos apropiados, compatibles, fáciles de manejar manteniendo poblaciones de plagas a niveles bajos, donde no causen un perjuicio económico.

Dentro de estas técnicas y métodos del MIP se describen acciones mecánicas, químicas y biológicas, de acuerdo con cada caso las estrategias empleadas se deben de complementar (Romero, 2004).

GRADOS DÍA

Los grados día son una herramienta que utiliza el MIP para determinar o estimar el desarrollo de plagas en el campo y

aplicar eficientemente las diferentes estrategias propuestas. Los grados día representan la acumulación de calor disponible para el desarrollo de un organismo. Este método utiliza las temperaturas máximas y mínimas registradas diariamente para estimar la energía térmica acumulada y relacionarla con el ciclo de vida del organismo en estudio (Marco, 2001; Dagatti y Becerra 2015).

Se debe realizar un monitoreo de la población plaga y al mismo tiempo realizar el conteo de la acumulación de los grados día. Para llevar a cabo el monitoreo de la población de insectos se pueden utilizar trampas delta con feromona específica, trampas de luz, recolecta directa u otros métodos de colecta de insectos que permitan conocer el estado de desarrollo en el que se encuentra el insecto en campo (Marco, 2001).

METODOLOGÍA

El muestreo para la colecta de los insectos de *R. frustrana* y la colecta de la información de temperatura se realizó cada 15 días iniciando el día 1 de octubre del año 2021 y terminó el 17 de enero del año 2022. Para los insectos, se realizaron dos metodologías, la primera para las etapas inmaduras y la siguiente para la etapa de adultos. Para los inmaduros (huevo, larva y pupa) se realizó colecta directa en yemas infestadas; para la etapa adulta, se

utilizaron dos trampas Delta con feromona específica con la feromona sexual comercial SENTRY® L159 LNP 0080 para *R. frustrana*, Arbico Organics, importada desde Tucson, Arizona (<https://www.arbico-organics.com>). Las trampas Delta se revisaban cada 15 días y se retiraban los adultos para guardarlos dentro del congelador; la feromona se cambiaba cada mes, así como la trampa Delta, a lo largo del tiempo de estudio (Figura 2).

Para obtener las medidas de temperatura se instaló en la plantación un *data logger*, marca Hobo®, modelo U12-013, se programó para obtener la temperatura media, máxima y mínima en grados centígrados (°C), realizando lecturas cada hora con ello se obtuvieron los promedios del día para cada variable. Los datos obtenidos mes con mes, fueron descargados por medio del software Hobo® a una hoja de Excel® para Windows. Una vez obtenidos los datos de temperatura se procedió a calcular los grados días, mediante la plataforma en línea degree-day calculator, gratuito, en la página oficial de la Universidad de California de la División de Agricultura y

R e c u r s o s N a t u r a l e s
(<https://ipm.ucanr.edu/WEATHER/index.html>) (UC IPM, 2022), con el método de seno simple y el corte intermedio.

El conteo de los grados-día se basa en el área bajo la curva entre los umbrales inferior y superior de desarrollo del insecto.

Los umbrales de desarrollo de los adultos de *R. frustrana* son min. 9.5 °C y máx 33.5 °C, se determinaron en laboratorio por Haugen y Stephen (1984) (Asaro y Berisford, 2001).

Para realizar una lectura correcta de los grados-días, se debe iniciar cuando los insectos terminan / inician una generación (Marco, 2001). Este momento ha sido determinado como la fecha de biofijación y sucede cuando hay puntos máximos de vuelo en adultos, puestas y/o eclosión de huevos (Murray, 2020). En el presente trabajó se utilizó como punto de biofijación el punto máximo de adultos, este fue determinado mediante las trampas de feromona, el cual correspondió al 1 de octubre de 2021.



Figura 2. A: colocación y observación de trampa Delta con feromona específica.
B: Base de la trampa Delta con palomillas capturadas (Fotografía propia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En campo se detectaron tres de las cuatro fases de desarrollo del insecto, larva, pupa y adulto (Figura 3), no fue posible detectar los huevos, sin embargo, se asume que los huevos se encontraban en el sitio debido a que las otras fases sí estuvieron presentes.



Figura 3. Etapas de desarrollo de *Rhyacionia frustrana*. A: larva, B: pupa, C: adulto montado en alfiler entomológico. (Fotografía propia).

De acuerdo con el análisis del desarrollo del ciclo de vida con relación a los grados día, los resultados fueron que a 231 grados día acumulados la etapa de larva es la predominante, a 465 grados día la etapa predominante es la pupa y a 582 grados acumulados la etapa predominante es el adulto (Figura 4).

A partir de la fecha de biofijación (1 de octubre) y hasta el registro de la fecha con mayor número de adultos de *R. frustrana* (7 de enero), se acumularon 582 grados día (Figura 4). Por lo tanto, para que el insecto pueda completar un ciclo de vida en la temporada de otoño-invierno se requieren 582 grados días en el municipio de Nuevo Ideal, Dgo. para plantaciones comerciales de *P. greggii*.

Esta información visibiliza las fechas y la acumulación de calor que requiere el insecto, que se puede utilizar para ejecutar estrategias de manejo de poblaciones. Se conoce que los insectos adultos aparecen en los meses de octubre y enero, estos requieren una acumulación aproximada de 582 grados día, por lo tanto, el productor puede contabilizar los grados día y al acercarse a esta cantidad puede colocar trampas cebadas con feromona e interrumpir el ciclo de vida del insecto. Por otro lado, es importante realizar acciones preventivas de control, o cuando los grados día acumulados se aproximen a los 231, las acciones serán destinadas a proteger al arbolado, ya que las larvas estarán

presentes en campo. Algunas de las estrategias a realizar pueden ser control mecánico mediante poda de control y/o aspersión de productos químicos o biológicos que protejan las acículas y yemas.

Por último, cuando los grados día alcancen una acumulación cercana a 465, se sabe que las pupas ya se encuentran dentro de los brotes y yemas y es más complicado el control, por lo tanto, no se recomienda realizar aspersiones ya que no llegarán directamente al insecto, y una de las formas de manejo es la poda de yemas infestadas.

CONCLUSIÓN

Este método de grados día, puede ser utilizado en cualquier parte del mundo, solo es necesario, identificar la problemática, reunir la información de la temperatura y del ciclo de vida del insecto, para posteriormente alimentar la base de datos de la Universidad de California y correlacionar la información. Posteriormente planear las estrategias y técnicas de manejo de las poblaciones plaga. Una de las grandes ventajas del método grados-día, es la facilidad de obtener los datos de temperatura, ya que actualmente hay disponibles satélites que permiten descargar esta información o capturarla en la región de estudio, como en este caso.

Por último, el modelo de grados día permitió determinar las unidades calor requeridas para cada etapa de desarrollo de *R. frustrana* en plantaciones comerciales de *P. greggii* en Nuevo Ideal, Dgo. Se identificó que las larvas alcanzan su máxima abundancia en 231 grados-día acumulados, las pupas a 465 y los adultos a 582.

Esta información permite anticipar la aparición de cada etapa de desarrollo y establecer estrategias de monitoreo, prevención y control más oportunas dentro del Manejo Integrado de Plagas. Por lo tanto, el modelo de grados día constituye una herramienta predictiva útil para la toma de decisiones en programas de Manejo Integrado de Plagas.

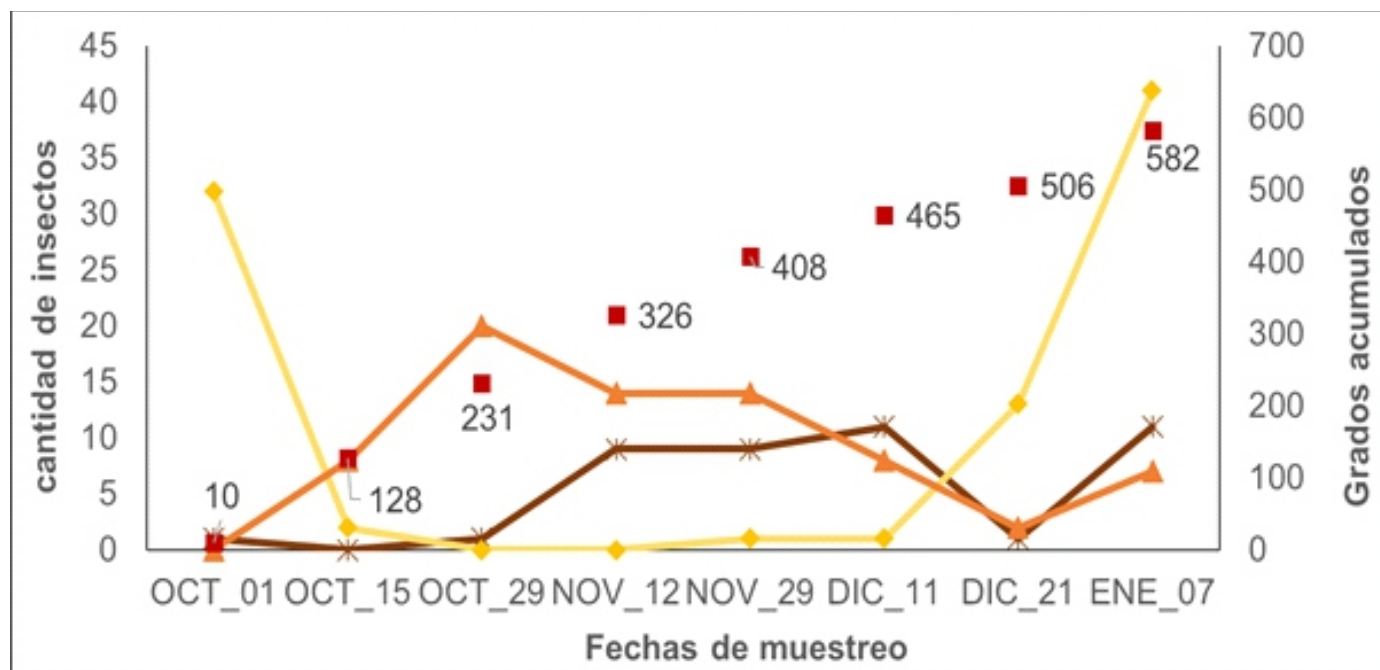


Figura 4. Gráfica con los datos de grados días acumulados en correlación con las fases de desarrollo de *R. frustrana*. Línea naranja: larvas; línea café: pupas; línea amarilla: adultos; cuadros rojos: dato con la acumulación de grados día (Creación propia con datos obtenidos directamente en campo).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Zagoya, R., Pérez-Santiago, G., Castañon-Alaniz, D.G., Romero-Nápoles, J. y Leal-Sáenz, A. (2023). New record of *Rhyacionia frustrana* (Lepidoptera: Tortricidae) in Nuevo Ideal, Durango, México. *Southwestern Entomologist*, 48 (3), 473-476. <https://doi.org/10.3958/059.048.0223>
- Asaro, C., y Berisford, C. W. (2001). Seasonal changes in adult longevity and pupal weight of the Nantucket pine tip moth (Lepidoptera: Tortricidae) with implications for interpreting pheromone trap catch. *Environmental entomology*, 30(6), 999-1005. https://www.srs.fs.usda.gov/pubs/ja/ja_asaro001.pdf
- Castañon Alaniz D.G. (2021). Ciclo biológico de *Rhyacionia frustrana* en plantaciones comerciales de *Pinus greggii* Engelm. en Nuevo Ideal, Durango. Tesis Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, CIIDIR-IPN Unidad Dgo. 33p.
- Cibrián-Tovar, D., J. T. Méndez-Montiel, R. Campos-Bolaños, H.O. Yates III, J. Flores-Lara. (1995). *Insectos Forestales de México*. Universidad Autónoma de Chapingo, UFS-USDA. 453 p.
- Comstock, J. H. 1880. Report (1879) of the entomologist. United States Dep. Agr. Bur. Entomol. p.236-237.
- Dagatti, C., y Becerra, V. (2015). Ajuste de modelo fenológico para predecir el comportamiento de *Lobesia botrana* (Lepidoptera: Tortricidae) en un viñedo de Mendoza, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74: 3 - 4. <https://www.researchgate.net/publication/317532107>
- Dixon, W. N. (2005). Nantucket pine tip moth, *Rhyacionia frustrana* (Comstock) (Insecta: Lepidoptera: Tortricidae): EENY-304/IN581, 8/2003. EDIS 2005 (2). <https://research.fs.usda.gov/download/research/20327.pdf>
- Haugen, A. y Stephen, M. (1984). Development rates of Nantucket Pine Tip Moth, *Rhyacionia frustrana* (Comstock) (Lepidoptera: Tortricidae) life stages in relation to temperature. *Environmental Entomology*, 13(1), 56-60. <https://doi.org/10.1093/ee/13.1.56>.
- Hochmut, R. (1972). Plagas del género *Rhyacionia* Hübner (Lepidoptera: Olethreutidae) de los pinos en Cuba. *Rev. Forestal Baracoa*, 2(2), 2-21. <https://forestbaracoa.edicionescervantes.com/index.php/fb/article/view/10>
- Jiménez, E. (2009). Manejo Integrado de Plagas. Universidad Nacional Agraria. Dirección de Investigación Extensión y Posgrado (DIEP). Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/2456/1/nh10j61p.pdf>

- Marco, V. (2001). Modelización de la tasa de desarrollo de insectos en función de la temperatura. Aplicación al Manejo Integrado de Plagas mediante el método de grados-día. Bol. Soc. Entomol. Aragonesa No. 28, 147-150. [h t t p : / / s e a - entomologia.org/PDF/BOLETIN_28/B28-038-147.pdf](http://se.entomologia.org/PDF/BOLETIN_28/B28-038-147.pdf)
- Murray, M. (2020). Using degree-days to time treatments for insect pests. All Current Publications. Paper 978. Utha S t a t e U n i v e r s i t y . <https://extension.usu.edu/planthealth/research/degree-days>
- Romero, F. (2004). Manejo Integrado de Plagas: las bases, los conceptos su mercantilización. Universidad Autónoma Chapingo Colegio de Postgraduados: Instituto de Fitosanidad, Montecillo. Chapingo, Texcoco, Méx.
- Smith, Ray F. y Herbert T. Reynolds. (1966). Principles, definitions and scope of integrated pest control. Proc. of the FAO Symp. on Integrated Pest Control 1:11-17.
- University of California Agriculture y Natural Resources (UC IPM). (2022). re: clima. (Comentario obtenido en foro en línea). Recuperado el día 25 de abril de 2021. P á g i n a W e b : <http://ipm.ucanr.edu/WEATHER/ddeval.html>

BIENESTAR DIGITAL EN AMBIENTES EDUCATIVOS: ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Gali Aleksandra Beltrán Zhizhko, Luis Fernando Marrufo, Cintia Germania García Arámbula,
Nancy Victorino Esparza, Raúl Iván Herrera González
Universidad Tecnológica de Durango

RESUMEN

El bienestar digital se entiende como el equilibrio consciente y funcional entre los beneficios del uso de tecnologías digitales y sus riesgos para la salud física, mental y social. Este trabajo presenta un análisis bibliométrico sobre el “bienestar digital” en ambientes educativos, con la finalidad de obtener una visión más amplia del desarrollo de los estudios relacionados con este tema en los últimos 10 años y descubrir patrones de colaboración entre investigadores a nivel mundial. Las investigaciones se concentran principalmente en temas relacionados con el uso de redes sociales, la salud mental, la alfabetización digital, las competencias digitales docentes y estudiantiles, así como los efectos de la hiperconectividad en el aprendizaje y el bienestar psicológico. Otro hallazgo relevante es el predominio de enfoques interdisciplinarios, integrando áreas como educación, psicología, comunicación, ciencias sociales y tecnologías digitales. Las publicaciones recientes también evidencian un interés creciente por la sostenibilidad digital, la ética tecnológica y la construcción de entornos educativos centrados en el bienestar de los estudiantes. En cuanto a los patrones de colaboración, se evidencia mayor colaboración entre países europeos, de Norteamérica y asiáticos; sin embargo, algunos países de Latinoamérica, como México, Chile y Colombia también presentan un avance en las investigaciones relacionadas al tema.

PALABRAS CLAVE:

bienestar digital;
bibliometría; educación.

ABSTRACT

Digital well-being is understood as the conscious and functional balance between the benefits of using digital technologies and their risks to physical, mental, and social health. This paper presents a bibliometric analysis of “digital well-being” in educational settings, aiming to gain a broader perspective on the development of studies related to this topic over the last 10 years and to uncover patterns of collaboration among researchers worldwide. Research focuses primarily on topics related to social media use, mental health, digital literacy, digital competencies of teachers and students, and the effects of hyperconnectivity on learning and psychological well-being. Another relevant finding is the predominance of interdisciplinary approaches, integrating areas such as education, psychology, communication, social sciences, and digital technologies. Recent publications also demonstrate a growing interest in digital sustainability, technological ethics, and the development of educational environments centered on student well-being. Regarding patterns of collaboration, greater collaboration is evident among European, North American, and Asian countries. However, some Latin American countries, such as Mexico, Chile, and Colombia, are also showing progress in research related to the topic.

KEY WORDS

digital wellbeing,
bibliometrics,
education.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad vivimos en una era digital, donde la tecnología y la conectividad se han convertido en parte fundamental de la sociedad. Si bien esto ha traído consigo numerosos beneficios, también ha dado lugar a preocupaciones relacionadas con el bienestar.

Según la Organización Mundial de la

Salud, la salud implica un estado de completo bienestar en cuanto a la parte física, mental y social de los seres humanos, no solamente la mera ausencia de enfermedad o afecciones (Organización Mundial de la Salud, s/f). Con el rápido avance de las tecnologías digitales y su uso global, ha surgido el término de “bienestar digital”.

El concepto de bienestar digital se entiende como el equilibrio consciente y funcional entre los beneficios del uso de tecnologías digitales y sus riesgos para la salud física, mental y social (Bhattacharya *et al.*, 2023). Esto implica tanto competencias digitales como prácticas que minimicen efectos adversos (sueño deficiente, estrés, pérdida de control sobre el uso, FOMO/nomofobia) (Morales & Veytia-Bucheli, 2022).

En estudiantes, el bienestar digital abarca competencias digitales, salud mental, alfabetización digital y la integración de tecnologías en la educación. Un importante número de evidencias muestra un declive del bienestar en adolescentes (salud mental, presión escolar, menor apoyo social), la disminución del rendimiento escolar a nivel internacional, una baja en el apoyo del docente al estudiante y señales de menor bienestar profesional de los docentes, así como la intensificación del problema de escasez de docentes (OECD, 2023, 2024, 2025; Organización Mundial de la Salud, 2024, 2025). El tema de bienestar digital es relevante en la actualidad debido al incremento masivo en el uso de tecnologías digitales en la sociedad y, de manera específica, en los ambientes educativos, sobre todo después de la pandemia por COVID-19. Sin embargo, la literatura existente presenta una marcada dispersión conceptual y metodológica, ya que los

estudios abordan el bienestar digital desde perspectivas diversas —como salud mental, uso responsable de dispositivos, equilibrio tecnológico y ciudadanía digital— sin una integración clara de tendencias, autores, enfoques y líneas emergentes de investigación. Este vacío de conocimiento dificulta la comprensión del estado actual del campo y limita la identificación de áreas prioritarias para futuras investigaciones. Por esta razón, este trabajo presenta un análisis bibliométrico sobre el “bienestar digital” en ambientes educativos, con el objetivo de sistematizar la producción científica publicada entre 2017 y 2026, identificar patrones de colaboración, el desarrollo temático, las principales contribuciones y los vacíos investigativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se realizó con un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal, empleando el análisis bibliométrico como principal instrumento para analizar la producción científica en el área de bienestar digital, tomando en cuenta las prácticas digitales, así como riesgos y beneficios de éstas. Para este estudio se diseñó una búsqueda de información suficientemente precisa, pero también amplia en calidad. Para la selección de artículos a considerar en este trabajo se utilizó Dimensions AI, que es una base de datos gratuita y accesible con más de 106 millones de publicaciones y más de

1.2 billones de citas. En la Tabla 1 se presenta la ecuación de búsqueda utilizada, así como los filtros aplicados y el número de publicaciones que arrojó la plataforma. Esta búsqueda se realizó el 3 de junio de 2026, por lo que los artículos que se incluyen en el análisis datan hasta esta fecha.

Se realizó una revisión manual de los títulos de los artículos presentados por la plataforma y se decidió incluir todos en el análisis, al considerarlos relacionados con el tema de bienestar digital en ambientes educativos. A continuación, se exportaron los metadatos de los artículos seleccionados en formato CSV para su posterior análisis.

Tabla 1: Ecuación de búsqueda y filtros aplicados

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos académicos revisados por pares publicados entre 2015 y 2025.	Documentos publicados antes de 2015.
Publicaciones indexadas en Dimensions (incluye Scopus y Clarivate Analytics Web of Science).	Documentos provenientes de otras bases de datos.
Documentos que incluyan los términos “bienestar digital”, “prácticas digitales”, “tecnologías digitales”, “digital well-being”, “digital practices” o “digital technologies” en título, resumen o palabras clave.	Documentos que no incluyan los términos mencionados.
Artículos en idioma inglés o español.	Documentos en otros idiomas.
Artículos de acceso abierto (open access)	Documentos sin acceso libre.
Publicaciones clasificadas en las áreas temáticas de “Tecnología educativa” y “Educación digital”.	Publicaciones que no se encuentren en las áreas temáticas mencionadas.
Documentos con metadatos completos y exportables en formato CSV para análisis bibliométrico.	Documentos sin metadatos completos o con errores de exportación.

El análisis bibliométrico se llevó a cabo por un lado con bibliometrix, una herramienta de acceso abierto que permite ejecutar un análisis comprensivo del mapeo de la literatura científica. Esta herramienta fue desarrollada por Massimo Aria y Corrado Cuccurullo (2017, 2026) en el lenguaje de computación y gráfico de R, de acuerdo a un flujo de trabajo bibliométrico lógico.

Bibliometrix se utilizó en la app llamada Biblioshiny, desarrollada por los mismos investigadores. Por otro lado, se utilizó el software de VOSviewer debido a las diversas combinaciones que permite realizar con los componentes bibliométricos generados por la base de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis de los artículos seleccionados de la base de datos

Dimensions AI. En la figura 1 se presentan los datos generales de las publicaciones. Se analizaron 1382 artículos provenientes de 671 revistas publicados entre 2017 y 2026, con la colaboración de 4836 autores. La tasa de crecimiento anual de los artículos de esta temática fue del 65.27%, lo que evidencia un interés cada vez mayor en el tema de bienestar digital en educación. También se muestra una colaboración internacional del 27.64% con un promedio de 4.15 autores por documento, lo que indica una importante colaboración entre países en las investigaciones relacionadas al tema. Además, el promedio de citas es de 14.44 por documento, lo que indica un impacto significativo de estas investigaciones en ambientes educativos. La edad promedio de las publicaciones es relativamente baja, aproximadamente 2 años, lo que sugiere que la investigación en esta área es reciente y pertinente en la actualidad.



Figura 1: Información general de las publicaciones

La figura 2 muestra la gráfica de producción científica anual, en donde se puede observar una clara tendencia de aumento del número de artículos al año, con el mayor número en el año 2025 (433 artículos).

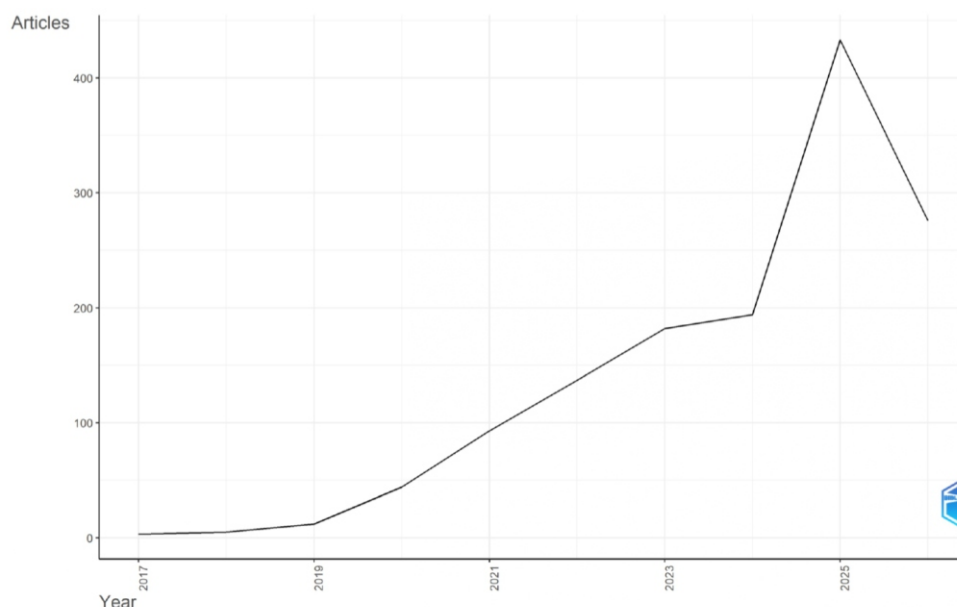


Figura 2: Producción científica anual (artículos por año)

A partir de 2020, con la pandemia de COVID-19, los estudios relacionados con el bienestar digital de estudiantes y maestros tuvieron una aceleración, ya que hubo un impulso a la digitalización de la educación y otros aspectos de la vida diaria, lo que repercutió en un aumento en las horas frente a pantallas. Este fenómeno impulsó el interés por las implicaciones psicológicas, pedagógicas y sociales del uso intensivo de tecnologías digitales en contextos educativos.

En la figura 3 se muestra la curva de crecimiento acumulativo, trazada con la

ayuda de una función de crecimiento logístico que describe la dinámica de las publicaciones acumuladas a lo largo de los años y ayuda a evaluar las etapas de la evolución del campo, basado en datos. Esta curva indica el punto de saturación K en alrededor de 1936 publicaciones que se obtendría después del año 2034. Actualmente, en el año 2026 se tiene un valor K del 62.2%, esto indica que el campo de investigación se encuentra en la etapa de madurez (K entre 50% y 90%), con la velocidad de publicaciones al año disminuyendo.

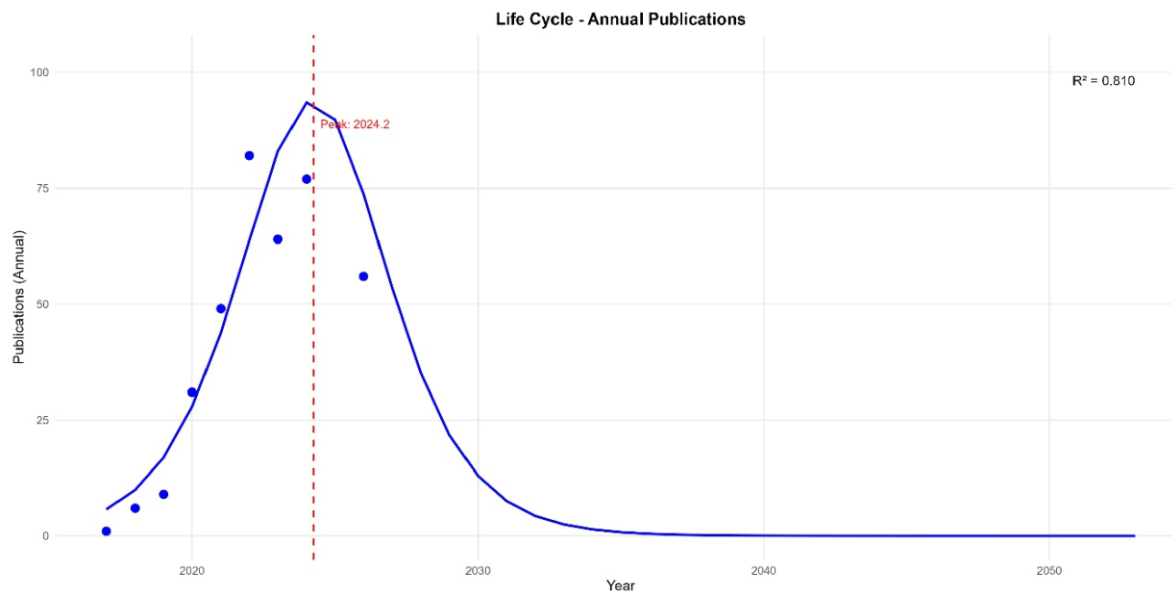


Figura 3: Curva cumulativa de crecimiento de las publicaciones

Enseguida se realizó un análisis de las fuentes más productivas y las más relevantes. En la Tabla 2 se muestran en la primera columna las diez fuentes con mayor número de publicaciones, contrastado con las diez fuentes con el mayor índice h (métrica académica estándar que relaciona el número de artículos publicados con la frecuencia con la que se cita y es una medida del impacto de una revista científica). Se puede observar en la tabla que no hay coincidencia entre estas dos métricas de las fuentes.

En general, la comparación muestra que un mayor volumen de publicaciones no siempre conlleva una mayor influencia académica, por lo que la calidad de la investigación, su visibilidad y la colaboración a nivel internacional son esenciales. En cuanto a las temáticas de las principales revistas, se observan sobre todo revistas del área de Psicología, Interacción Computadora-Humano y Salud Pública, indicando que las investigaciones sobre bienestar digital se orientan sobre todo en estas áreas.

Tabla 2: Comparativa entre fuentes más productivas y fuentes más relevantes.

Revista	Número de artículos	Revista	Índice h
FRONTIERS IN PSYCHOLOGY	50	INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	16
ACTA PSYCHOLOGICA	24	EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	15
INTERNATIONAL JOURNAL OF ENVIRONMENTAL RESEARCH AND PUBLIC HEALTH	22	FRONTIERS IN PSYCHOLOGY	15
EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	19	HELIYON	9
FRONTIERS IN SOCIOLOGY	15	PLOS ONE	8
PLOS ONE	15	POSTDIGITAL SCIENCE AND EDUCATION	8
HELIYON	13	ACTA PSYCHOLOGICA	5
BEHAVIORAL SCIENCES	11	BMC MEDICAL EDUCATION	5
BMC PSYCHOLOGY	11	CURRENT OPINION IN PSYCHOLOGY	5
POSTDIGITAL SCIENCE AND EDUCATION	11	BEHAVIORAL SCIENCES	4

Se identificó a los 10 autores más destacados según su nivel de producción en el campo del bienestar digital en el ámbito educativo. La figura 4 muestra el panorama de dicha producción ordenando a los autores de mayor a menor número de artículos publicados.

Ali R. es el investigador más prolífico, con 27 artículos, seguido por Thomas J. con menos de la mitad, 12 artículos. No se pueden sacar conclusiones solamente a partir de los apellidos de los autores, ya que la movilidad de investigadores de orígenes asiáticos o árabes se da con frecuencia hacia países europeos o de Norte América.

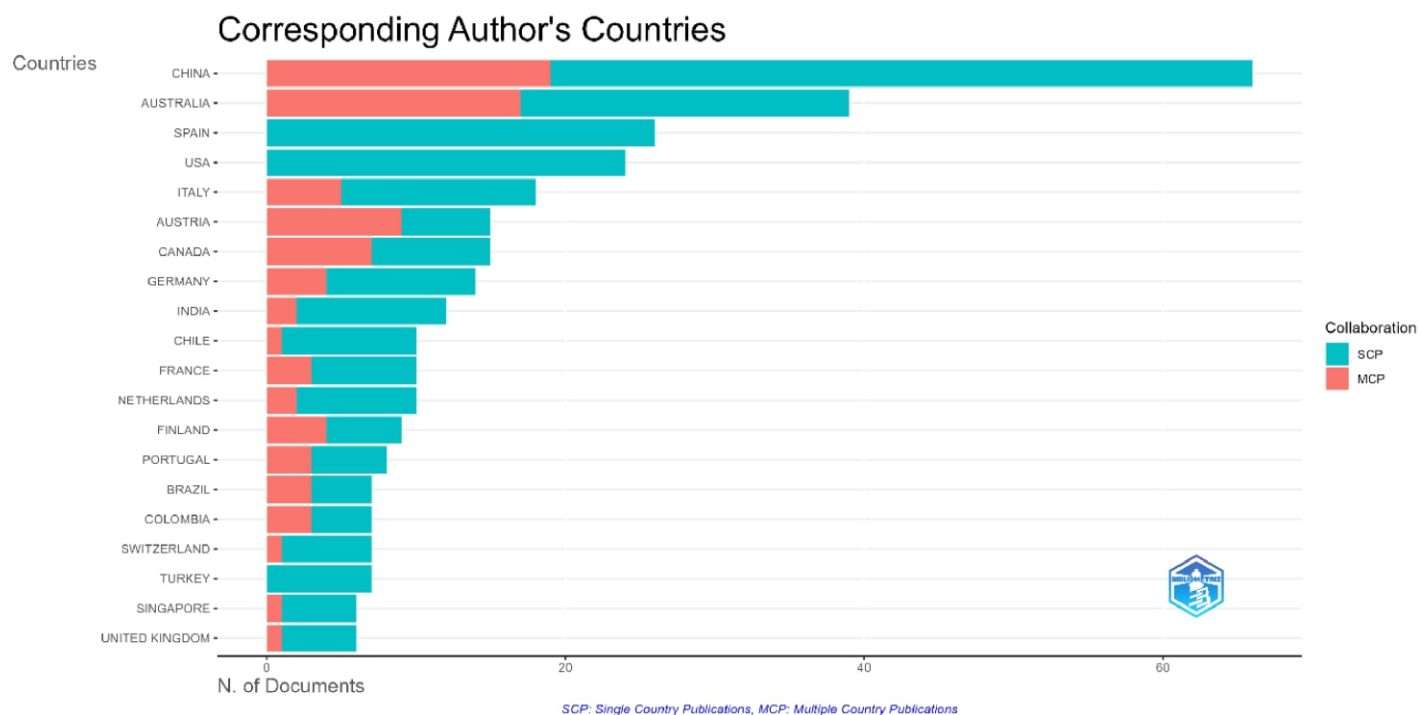


Figura 4: Autores con mayor producción

Es importante mencionar que la cantidad de publicaciones no siempre es un indicador directo de la calidad o impacto de la investigación, por lo que es necesario considerar otros factores como índice h del autor, la relevancia y la calidad de las revistas en donde publican.

En cuanto a la colaboración entre los autores, en la figura 5 se observa una red de coautorías, donde cada nodo representa a un autor y las líneas entre ellos indican trabajos coescritos. En la figura se pueden determinar varios clústeres de autores que colaboran entre sí, lo que muestra que

existen algunas comunidades de investigación con enfoques en común. Sin embargo, no existe una tendencia de algún autor en particular hacia la creación de redes de interconexión, se observan varios investigadores (Wang, Y., Li, Y., Zhang, Y.) en el centro de la red, sin tener necesariamente un papel clave. Si se compara la información de esta figura con los autores más relevantes, en realidad pocos de estos aparecen en la red de coautoría, mostrando que no hay una relación entre cantidad de publicaciones y redes de colaboración.

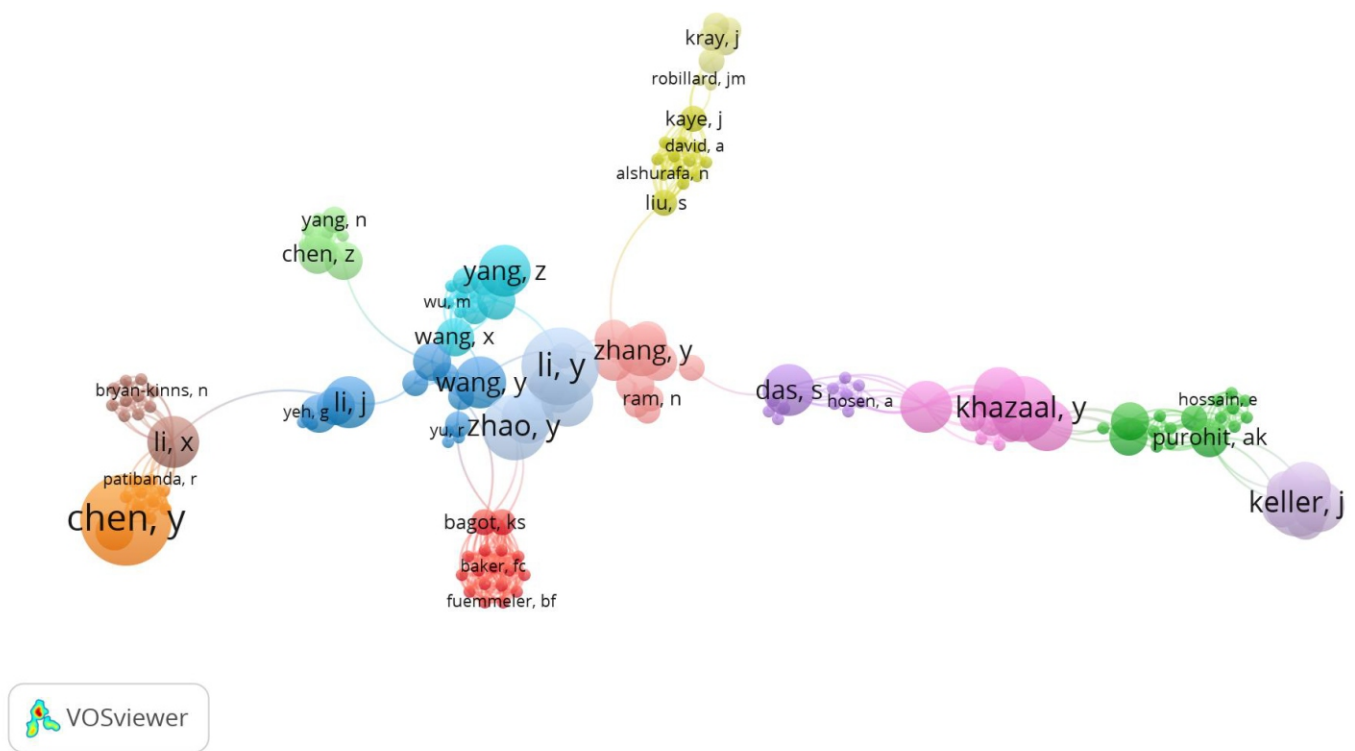


Figura 5: Red de coautorías

Por otro lado, la figura 6 muestra las redes de colaboración entre países. Se observan en diferentes colores varias redes de colaboración, y el tamaño de los nodos que indica la cantidad de enlaces de colaboración entre los países. Se evidencia que Reino Unido, Estados Unidos Alemania y Australia son los países con mayor número de colaboraciones con otros, por lo que se puede considerar que en estos países existe mayor apertura al intercambio académico y de investigación.

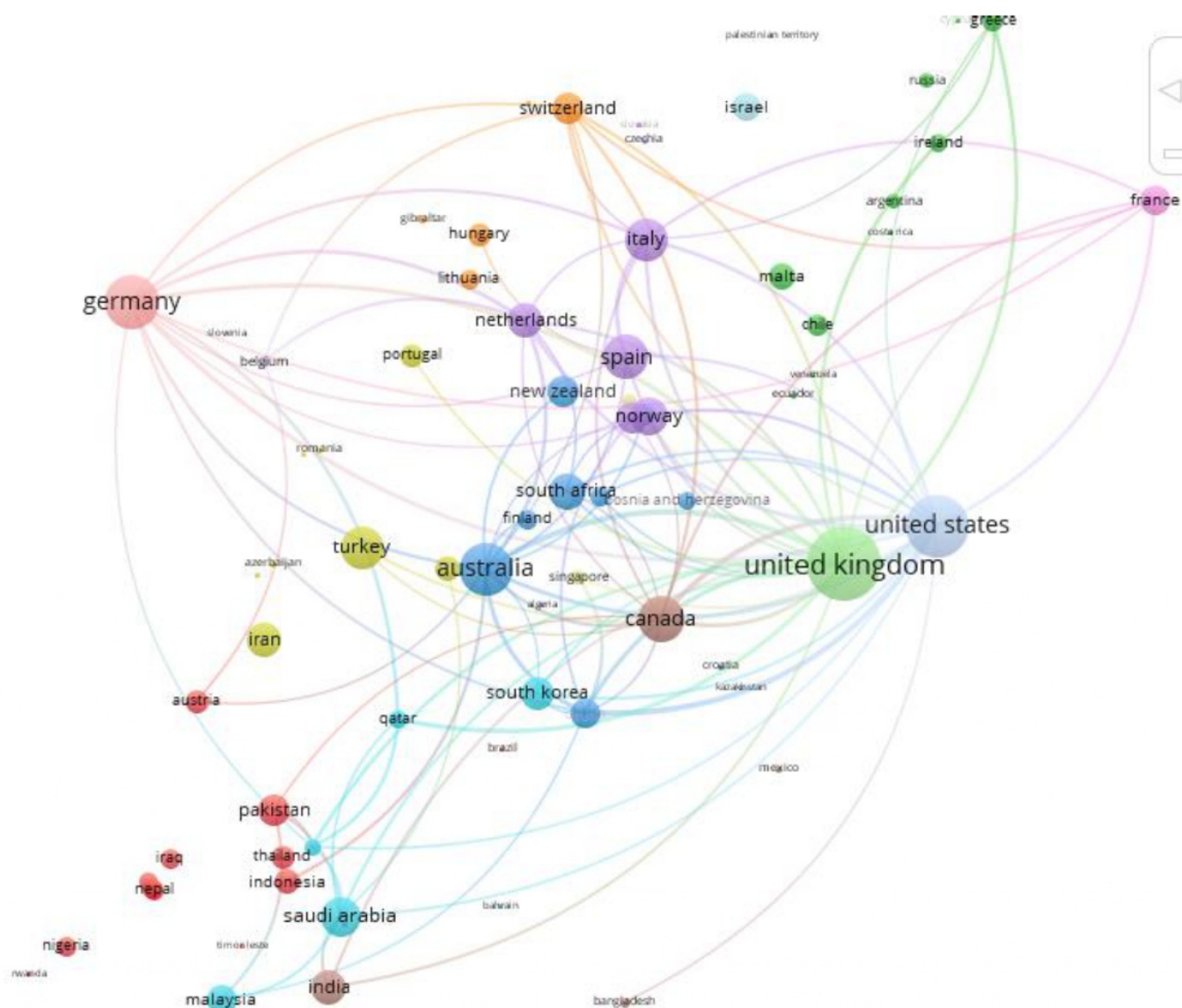


Figura 6. Redes de colaboración entre países

Continuando con el análisis por países, la figura 7 muestra un mapa de la producción por país, que indica el número de publicaciones realizadas por investigadores de cada país. Los países en color más oscuro indica mayor número de publicaciones: Reino Unido (216), Estados Unidos (203), China (144), Australia (94) y España (83).

Al comparar este mapa con la figura anterior sobre colaboración, se observa que, aunque China es el tercero en número de publicaciones, esto no significa que sea un país tan abierto a la colaboración. Se puede deducir que, en este caso, en China la colaboración es de orden local, mientras que Australia es un país más abierto a la colaboración internacional.

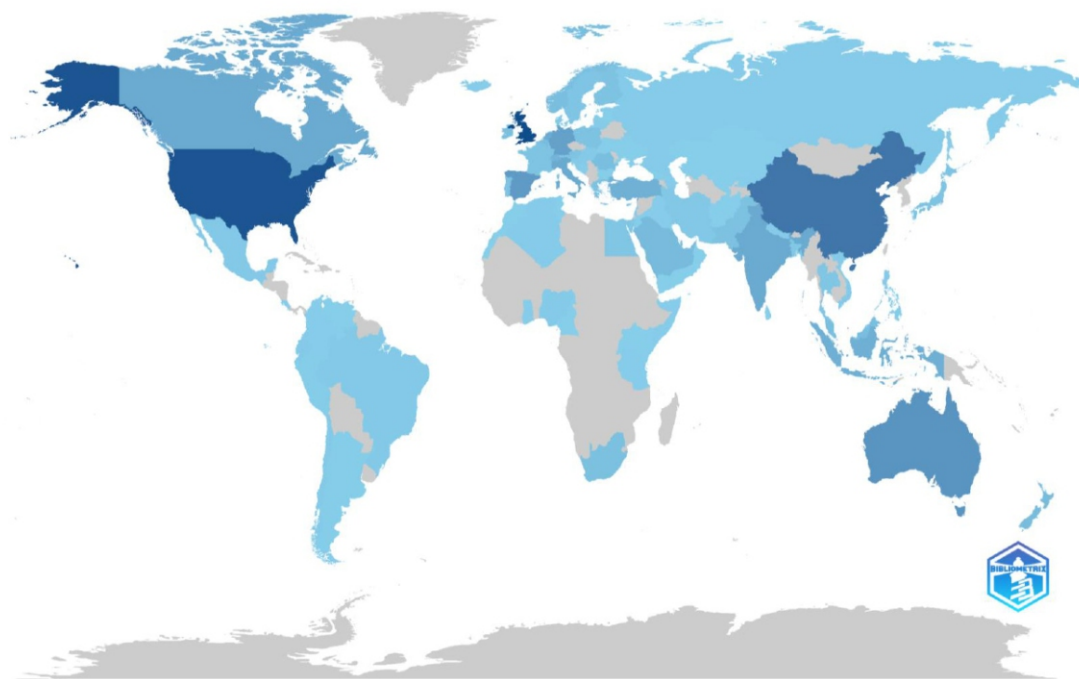


Figura 7. Mapa de la producción científica por país

CSe observa también que la producción científica no está distribuida de manera uniforme en el mundo, ya que hay una mayor concentración en países desarrollados (América del Norte y Europa) y en la región asiática emergente, mientras que gran parte del resto del mundo presenta niveles de producción más bajos. Esto indica una desigualdad en la generación de conocimiento a nivel global, que se puede atribuir a distintos factores: barreras lingüísticas y culturales, diferencias en la infraestructura y los recursos para la investigación o políticas nacionales que no fomenta la colaboración internacional.

Continuando con un análisis temático, se muestra en la figura 8 una nube de palabras, en donde los términos que más se repiten en las publicaciones son: digital ("digital"), health ("salud"), social ("social"), media ("medios"), mental ("mental"), students ("estudiantes"), wellbeing ("bienestar"), smartphones ("teléfonos inteligentes"). Esto muestra que los estudios respecto a bienestar digital se enfocan en el aspecto mental, social y de bienestar del uso de las tecnologías digitales, el celular, las redes sociales, el internet y también se menciona la IA, por parte de jóvenes y adolescentes en ambientes educativos.



Figura 8. Nube de palabras

Para complementar lo anterior, se realizó un análisis de las tendencias temáticas para identificar y visualizar la dinámica temporal de los términos clave del conjunto de publicaciones. La figura 9 muestra el resultado de dicho análisis, donde los términos que están ganando impulso en los últimos 3 años son estrés, ansiedad, académico, digital, social y bienestar, por lo que se puede deducir que los estudios que analizan niveles de estrés y ansiedad relacionados con el uso de tecnologías

digitales y que afectan lo social o el bienestar son intereses de investigación emergentes. Por otro lado, las investigaciones relacionadas a la temática de COVID o pandemia se muestran como temas que han perdido relevancia en los últimos 3 años. Por último, los términos bienestar, teléfonos inteligentes, educación y tecnología se considera que han alcanzado la madurez y siguen siendo de actualidad.

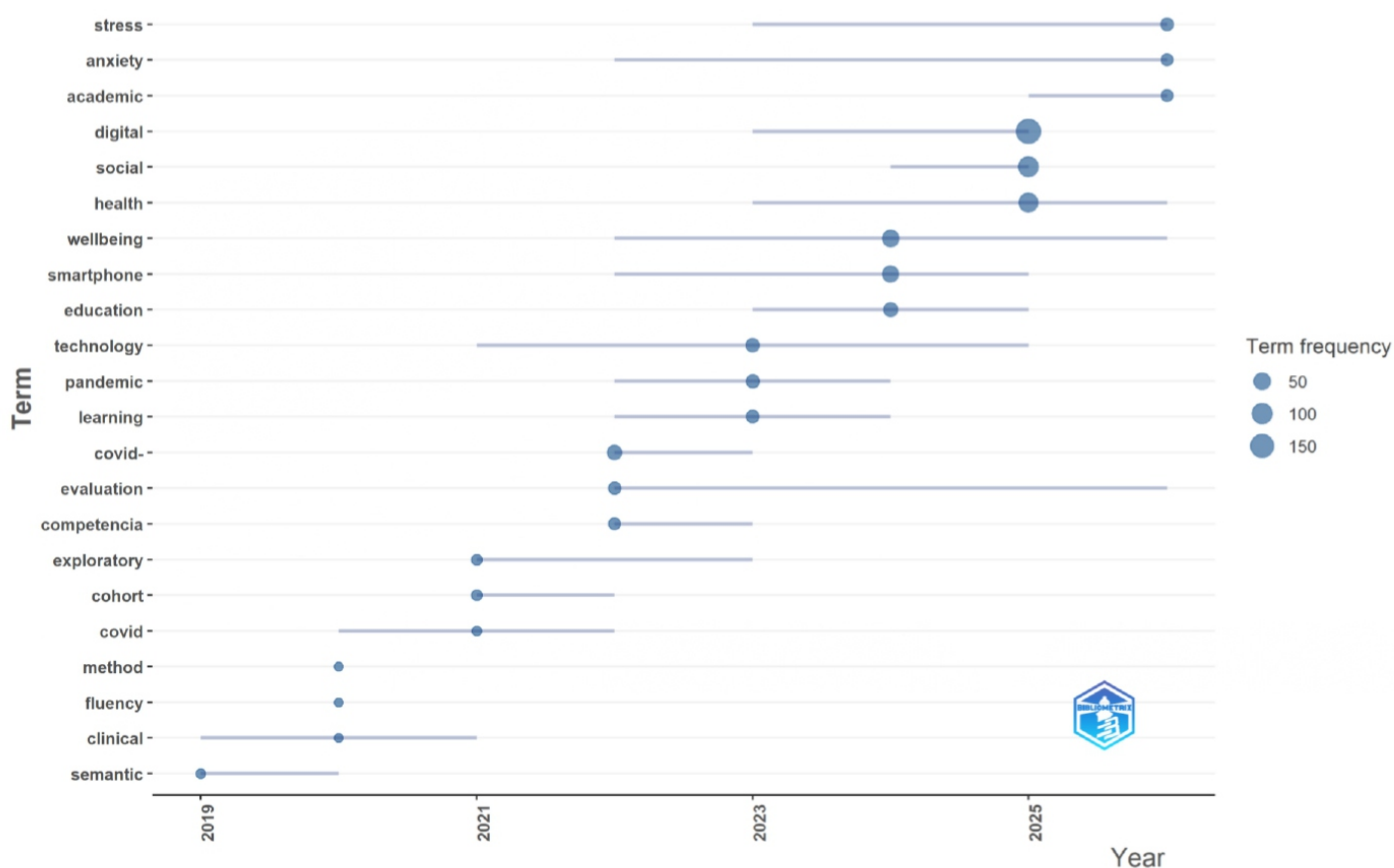


Figura 9. Tendencias temáticas

Entre 2017 y 2019 predominaban estudios sobre alfabetización digital y uso tecnológico en educación; sin embargo, a partir de 2020 las investigaciones evolucionaron hacia el análisis de ansiedad digital, fatiga tecnológica, equilibrio digital y sostenibilidad del uso de tecnologías en ambientes educativos virtuales. Más recientemente, las investigaciones incorporan temas como inteligencia artificial, ética digital y bienestar integral en ecosistemas educativos híbridos.

Por último, se realizó un análisis integrando los autores más relevantes, sus publicaciones y la información más importante de los artículos, que se presenta en la Tabla 3. Las investigaciones coinciden en que las competencias

digitales, el acceso tecnológico y las prácticas pedagógicas influyen directamente en el bienestar académico y emocional de estudiantes y docentes. Los resultados evidencian que el uso intensivo de tecnologías digitales tiene efectos tanto positivos como negativos en estudiantes y docentes: los beneficios que se destacan son el aprendizaje flexible, el desarrollo de competencias digitales y la participación académica; pero se identifican problemáticas como ansiedad, fatiga digital, estrés tecnológico y uso problemático de redes sociales. En conjunto, la literatura destaca la necesidad de promover un uso equilibrado, crítico y sostenible de las tecnologías digitales en la educación superior.

Tabla 3_Autores relevantes

Autor y año	Título	Total de citas	Objetivo	Método	Participantes	Hallazgo principal
Iivari, Sharma y Ventä-Olkkonen (2020)	<i>Digital transformation of everyday life – How COVID-19 pandemic transformed the basic education of the young generation and why information management research should care?</i>	857	Analizar cómo la pandemia transformó la educación digital y las desigualdades tecnológicas en los procesos educativos.	Estudio analítico y revisión crítica sobre transformación digital educativa durante COVID-19.	Contextos educativos y estudiantes de educación básica.	La pandemia aceleró la transformación digital, pero también profundizó brechas digitales y desigualdades educativas relacionadas con el bienestar y acceso tecnológico.
Freitag et al. (2021)	<i>The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations</i>	498	Examinar el impacto ambiental y social de las tecnologías digitales y sus implicaciones para el desarrollo sostenible.	Revisión crítica de literatura y análisis de tendencias regulatorias y tecnológicas.	Estudios e informes internacionales sobre TIC.	El crecimiento de las tecnologías digitales tiene implicaciones sociales y ambientales relevantes, lo que exige modelos sostenibles de transformación digital en educación y sociedad.
Zhao, Pinto Llorente y Sánchez Gómez (2021)	<i>Digital competence in higher education research: A systematic literature review</i>	241	Analizar la producción científica sobre competencias digitales en educación superior.	Revisión sistemática de literatura científica.	Artículos indexados en bases de datos internacionales.	Las competencias digitales son esenciales para promover prácticas educativas saludables, participación académica y bienestar digital en universidades.
Okoye et al. (2023)	<i>Impact of digital technologies upon teaching and learning in higher education in Latin America: an outlook on the reach, barriers, and bottlenecks</i>	198	Identificar el alcance, barreras y limitaciones del uso de tecnologías digitales en universidades latinoamericanas.	Metodología mixta con encuestas, análisis estadístico y minería de texto.	Docentes universitarios de nueve países de América Latina.	Principales obstáculos: falta de infraestructura, capacitación y acceso a internet, factores que afectan la calidad educativa y el bienestar digital de estudiantes y docentes.
Attard y Holmes (2020)	<i>An exploration of teacher and student perceptions of blended learning in four secondary mathematics classrooms</i>	151	Explorar las percepciones de docentes y estudiantes sobre el aprendizaje híbrido mediado por tecnología.	Estudio de casos múltiples con enfoque cualitativo.	Docentes y estudiantes de matemáticas en Australia.	El aprendizaje híbrido favoreció la personalización, la comunicación y el compromiso académico, mostrando efectos positivos en la experiencia educativa digital.

CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico realizado con datos de artículos de la base de datos Dimensions muestra que el bienestar digital se ha consolidado como una línea emergente y multidisciplinaria de investigación entre 2017 y 2026, con un crecimiento sostenido y acelerado especialmente a partir de 2020. Este incremento coincide con la expansión de la educación remota durante la pandemia por COVID-19, fenómeno que impulsó el interés por las implicaciones psicológicas, pedagógicas y sociales del uso intensivo de tecnologías digitales en contextos educativos. La producción científica se caracteriza por un enfoque interdisciplinario que integra educación, psicología, salud digital y tecnologías educativas.

Las investigaciones se concentran principalmente en temas relacionados con el uso de redes sociales, la salud mental, la alfabetización digital, las competencias digitales docentes y estudiantiles, así como los efectos de la hiperconectividad en el aprendizaje y el bienestar psicológico. En el ámbito educativo, los estudios destacan la relación entre bienestar digital y variables como estrés, ansiedad, fatiga tecnológica, engagement académico, rendimiento escolar y equilibrio entre vida personal y académica.

Respecto a la distribución geográfica de las investigaciones, se identifica una

participación significativa de países desarrollados en Europa y América del Norte, como Reino Unido, Estados Unidos, España, Alemania y de países asiáticos, como China, India, Australia. Asimismo, América Latina muestra una presencia creciente en la producción científica, destacando Chile, México y Colombia como algunos de los países con mayor interés en el tema, donde las investigaciones suelen enfocarse en los retos de la transformación digital educativa, el uso responsable de dispositivos tecnológicos y el desarrollo de competencias digitales en estudiantes universitarios.

En cuanto a la colaboración científica, se observa una importante tendencia hacia redes internacionales de coautoría, especialmente entre investigadores de Europa, Asia y Norteamérica. Las colaboraciones más frecuentes se desarrollan entre universidades de España, Reino Unido, Australia, China y Estados Unidos, lo que refleja el carácter global del bienestar digital como fenómeno educativo y social.

En conjunto, las publicaciones muestran una transición desde enfoques centrados únicamente en el acceso y uso tecnológico hacia perspectivas más integrales orientadas a comprender cómo las tecnologías digitales impactan la salud emocional, el aprendizaje y la calidad de vida de estudiantes y docentes universitarios.

Finalmente, de manera general la literatura coincide en que el bienestar digital no depende únicamente del acceso a la tecnología, sino de la capacidad crítica y equilibrada para utilizarla de manera saludable, ética y pedagógicamente significativa dentro de los ambientes educativos.

REFERENCIAS

- Aria, M., and Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959 – 975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Aria, M., and Cuccurullo, C. (2026). *Science Mapping Analysis—A primer with Biblioshiny*. McGraw-Hill.
- Bhattacharya, S., Bhattacharya, S., Vallabh, V., Marzo, R. R., Juyal, R., and Gokdemir, O. (2023). Digital Well-being Through the Use of Technology—A Perspective. *International Journal of M C H a n d A I D S*, 12. <https://doi.org/10.21106/ijma.588>
- Morales, G., y Veytia-Bucheli, M. (2022). El impacto de la adicción al celular o nomofobia en estudiantes universitarios: Caso de dos universidades mexicanas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6, 1–16. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i1.1639
- OECD. (2023, diciembre 5). PISA 2022 Results (Volume I). OECD. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html
- OECD. (2024, noviembre 25). *Education Policy Outlook 2024*. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/education-policy-outlook-2024_dd5140e4-en.html
- OECD. (2025, septiembre 9). How severe are teacher shortages across countries?: *Education at a Glance 2025*. OECD. https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2025_1c0d9c79-en/full-report/how-severe-are-teacher-shortages-across-countries_781f4a97.html

Organización Mundial de la Salud. (s/f). Constitución. Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 16 de octubre de 2025, de <https://www.who.int/es/about/governance/constitution>

Organización Mundial de la Salud. (2024, noviembre 13). Rising school pressure and declining family support especially among girls, finds new WHO/Europe report.

Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/europe/news/item/13-11-2024-rising-school-pressure-and-declining-family-support-especially-among-girls--finds-new-who-europe-report>

Organización Mundial de la Salud. (2025, septiembre 1). Mental health of adolescents. Organización Mundial de La Salud. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescent-mental-health>

METODOLOGÍA RADIOGRÁFICA PARA LA EVALUACIÓN DE AGENTES DE DETERIORO EN SEMILLAS FORESTALES

¹Alejandro Leal-Sáenz^{1*}, Rebeca Álvarez-Zagoya^{2@}, Kristen M. Waring³, Christian Wehenkel⁴

¹Investigador SECIHTI adscrito al Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.

²Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Unidad Durango, Sigma 119, Fracc. 20 de Noviembre II, Durango 34220, Durango, México. [@] Becaria COFAA-IPN

³School of Forestry, Northern Arizona University, Flagstaff, AZ, United States.

⁴Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Universidad Juárez del Estado de Durango, Durango, México.

Autor de correspondencia: insectpinus@gmail.com

RESUMEN

Las semillas forestales son el principal medio de propagación para la producción de plantas que son destinadas a la restauración y reforestación de las plantaciones forestales y los bosques. El análisis de semillas permite determinar con precisión la calidad sanitaria de un sitio específico. Se estructuró una propuesta de metodológica basada en los resultados previos, la cual establece el análisis de 1,920 semillas (10 por árbol) mediante un escáner Faxitron X-Ray Corp. (Modelo MX-20 2006®). Las radiografías generaron imágenes en formato TIFF, procesadas individualmente mediante el software ImageJ®. Se sugiere incrementar la frecuencia de las evaluaciones radiográficas para diagnosticar oportunamente el nivel de daño en los rodales seleccionados y poder tomar medidas preventivas para establecer un manejo integrado en el sistema forestal.

PALABRAS CLAVE

Daño en semillas, Metodología, Rayos X, Insectos.

ABSTRACT

Forest seeds are the main means of propagation for the production of plants intended for restoration and reforestation of pine plantations and forests. Seed testing allow us to know the exact quality of a given site. A methodological proposal was structured based on the previous results, which establishes the analysis of 1,920 seeds (10 per tree) using an X-ray scanner Faxitron X-Ray Corp. (Model MX-20 2006®). Radiographic generated seed images in TIFF file format, processed individually using ImageJ® software. It is suggested to increase the frequency of radiographic evaluations to obtain a timely diagnosis and the level of damage severity in the selected stands and to be able to take preventive measures to establish integrated management in the forest system.

KEY WORDS

Seed damage, X Ray, Insects.

INTRODUCCIÓN

Los daños causados provocados por insectos en los conos y semillas de especies forestales representan un factor crítico (Bramlett *et al.*, 1977; Hedlin *et al.*, 1980) que afecta la regeneración de los ecosistemas de bosques de coníferas. Estas afectaciones traen consigo implicaciones negativas más amplias para la estabilidad de los servicios ecológicos y económicos del bosque (Wickman y Quigley, 1992).

Múltiples órdenes de insectos impactan de forma severa tanto las estructuras reproductivas como las semillas de varios pinos mexicanos (Hedlin

et al., 1980; Cibrián-Tovar *et al.*, 1986). Al respecto, estudios previos reportan al menos 49 especies de insectos que atacan conos y semillas de coníferas en México, las cuales pertenecen a once familias taxonómicas diferentes (Hedlin *et al.*, 1980; Del Río-Mora, 1980; Cibrián-Tovar *et al.*, 1986, 1995). Debido a esta diversidad de plagas, las tasas de infestación y pérdida de germoplasma en bosques naturales suelen alcanzar niveles críticamente altos. Sin embargo, la cantidad restante de semillas con germoplasma viable, en ciertas coníferas, es suficiente para la regeneración poblacional en los bosques.

Ante este panorama, se vuelve indispensable contar con herramientas de diagnóstico eficientes. El análisis de rayos X es un método rápido y no destructivo que se utiliza comúnmente para analizar la salud de las semillas de coníferas (DeBarr, 1970; Bramlett *et al.*, 1977; Chavagnat, 1985; Lippitt *et al.*, 1994; Machado y Cícero, 2003; Himanen *et al.*, 2015). Históricamente, este tipo de análisis radiográfico se ha empleado con éxito para estudiar la calidad física y fitosanitaria en varias especies de coníferas y otros árboles de interés, incluyendo *Pinus banksiana* Lamb., *P. elliotii* Engelm., *P. palustris* Mill., *P. ponderosa* Laws., *P. echinata* Mill., *P. taeda* L., *P. virginiana* Mill., *P. strobus* L., *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl. y *Picea abies* L. (Schmid *et al.*, 1984; Dormont *et al.*, 1996; Kegley *et al.*, 2001; Bracalini *et al.*, 2013; Linhart *et al.*, 2014; DePinte *et al.*, 2020).

No obstante, a pesar de la amplia adopción de esta tecnología, hay falta de criterios unificados para procesar e interpretar masivamente estas imágenes en especies forestales de la región. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar un protocolo metodológico estandarizado para el análisis radiográfico en semillas del género *Pinus*, aportado una guía técnica de seguimiento sustentada en evaluaciones previas y herramientas digitales de libre acceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el año 2015, se recolectaron semillas provenientes de 40 poblaciones de *P. strobiformis* (192 árboles). Para asegurar la representatividad genética y espacial, se mantuvo una distancia mínima de 50 km entre cada una de las poblaciones seleccionadas. Las 10 semillas correspondientes a cada árbol se ordenaron y fijaron en la plantilla manteniendo una distancia equidistante para optimizar la resolución de los detalles morfológicos. Posteriormente se escanearon con el equipo Faxitron X-Ray Corp. (Modelo MX-20 2006®). Los rayos X se utilizaron para generar una imagen (formato TIFF).

Las semillas se evaluaron para identificar el tipo de daño de acuerdo con las características morfológicas del insecto y trabajos realizados anteriormente (Bramlett *et al.*, 1977; Hedlin *et al.*, 1980; Ruth *et al.*, 1982; Cibrián *et al.*, 1986; Álvarez-Zagoya y Márquez-Linares, 1998; Bustamante-García *et al.*, 2012; DePinte *et al.*, 2020). Se utilizó el programa ImageJ® para evaluar el daño mediante codificación por formaycolor (Cuadro 1).

El proceso de acondicionamiento inició con la limpieza neumática de cada lote de semillas para eliminar polvo e impurezas superficiales. Esta actividad se llevó a cabo utilizando una sopladora selectiva de flujo de aire en el laboratorio de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en Durango (Figura 1):



Figura 1.- Proceso de limpieza neumática de muestras de semillas de *Pinus strobiformis* mediante deflectores de aire en el laboratorio de CONAFOR Durango.

Posteriormente, se realizó la selección aleatoria de 10 semillas por árbol de *Pinus strobiformis*, las cuales fueron pesadas individualmente en una balanza analítica y dispuestas en plantillas de escaneo (Figura 2):



Figura 2.- Selección aleatoria y registro de peso analítico de lotes de 10 semillas por árbol de *Pinus strobiformis*. mediante deflectores de aire en el laboratorio de CONAFOR Durango.

Las muestras de semillas se colocaron y alinearon de manera equidistante sobre plantillas de escaneo (Figura 3). Esta disposición geométrica se fijó cuidadosamente con el objetivo de evitar el empalmado de estructuras y optimizar la resolución espacial de los detalles morfológicos internos durante el análisis radiográfico:



Figura 3.- Disposición y alineación equidistante de las muestras de semillas sobre las plantillas previo al análisis radiográfico.

El escaneo y la captura de las radiografías digitales se realizaron mediante el software nativo del sistema, empleando un equipo de rayos X de alta resolución Faxitron X-Ray Corp. (Modelo MX-20) para generar las imágenes de las estructuras internas (Figura 4); utiliza una escala de energía de rayos X de 10 a 35 kV (kilovoltios), con una corriente de tubo ajustable de 300 μ A. Esta potencia está diseñada para la radiografía de especímenes de alta resolución y no requiere blindaje de plomo adicional para el espacio de trabajo.

Inmediatamente después de la captura, se ejecutó un control de calidad y validación visual para verificar el contraste y la nitidez en cada placa, se almacenó la imagen en formato TIFF (Figura 5). Este procedimiento se repitió de manera sistemática con los lotes de semillas remanentes de cada árbol evaluado. Una vez validadas las imágenes, se almacenaron para construir la base de datos digital.

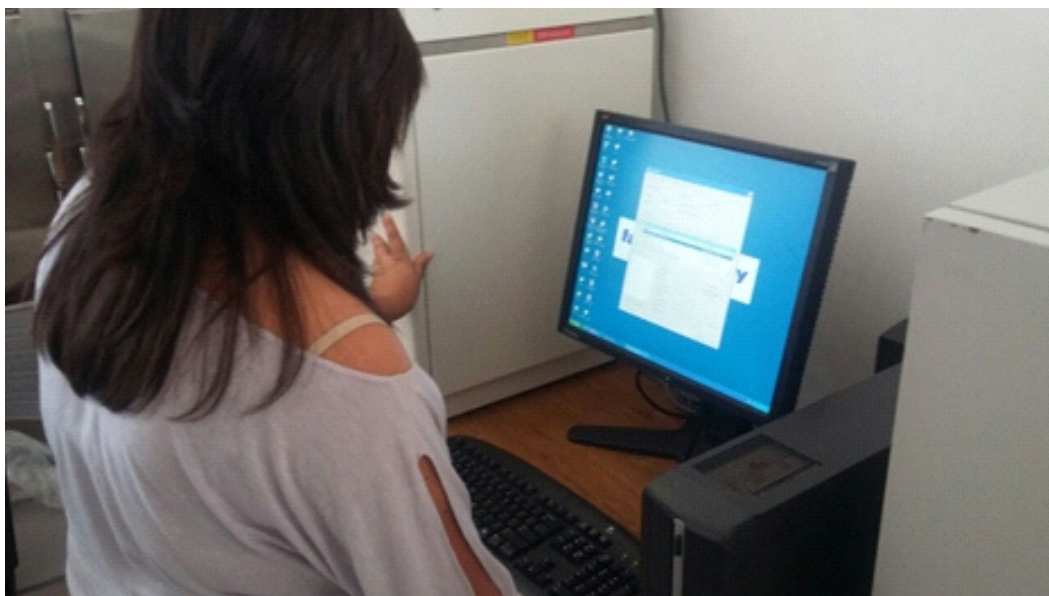


Figura 4.- Proceso de escaneo y lectura digital de las estructuras internas de las semillas empleando el sistema Faxitron Modelo MX-20.

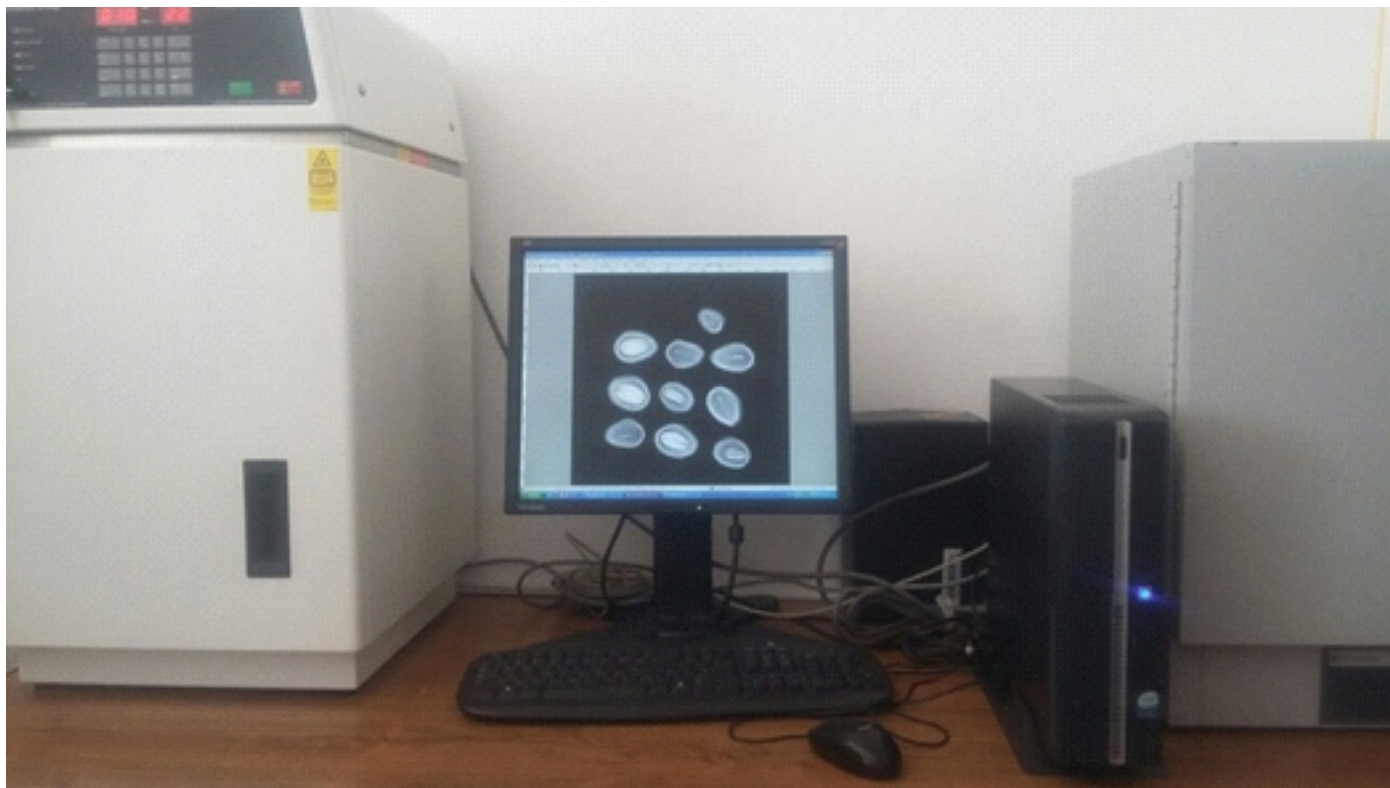


Figura 5.- Control de calidad, contraste y validación visual de la nitidez en las imágenes radiográficas obtenidas.

Una vez consolidada la base de datos con la totalidad de las imágenes digitalizadas, se procedió con el análisis morfométrico e inspección visual de forma individual utilizando el software de procesamiento digital ImageJ® (Figura 6). Las afectaciones fitosanitarias y anomalías estructurales encontradas en cada semilla se cuantificaron de manera sistemática, empleando los criterios de codificación detallados en el Cuadro 1 y la Figura 7.

Cuadro 1. Codificación geométrica y cromática asignada según la categoría de daño en semillas en ImageJ® (Adaptado de Bustamante-García *et al.*, 2012 y Leal-Sáenz *et al.*, 2021).

Condición de la semilla / Agente causal	Clasificación del estado de la semilla	Código cromático / Color	Código geométrico / Forma
Estructuras morfológicas			
Llena	Sana	Rojo	Línea continua
Incompleta	No viable	Gris	Línea punteada
Malformada	Dañada	Naranja	Línea vertical
Vacía	Vana o abortada	Blanco	Espacio libre
Insectos plaga (Daños específicos)	Clasificación taxonómica (Orden: Especie)	Código cromático / Color	Código geométrico / Forma
Chinche de los conos	Hemiptera: <i>Leptoglossus occidentalis</i>	Amarillo	Cuadrado
Chinche del pino	Hemiptera: <i>Tetyra bipunctata</i>	Morado	Rombo
Avispilla de las semillas	Hymenoptera: <i>Megastigmus albifrons</i>	Azul	Rectángulo
Polillas de los conos y semillas	Lepidoptera: <i>Cydia latisigna</i> Lepidoptera: <i>Eucosma bobana</i> Lepidoptera: <i>Dioryctria abietivorella</i> Lepidoptera: <i>Apolychrosis synchysis</i>	Verde	Línea en zigzag

El código cromático para la condición de cada semilla, puede realizarse directamente sobre la placa de rayos X, apoyándose con un estereomicroscopio para observar los detalles de la fotografía de cada semilla. Conforme se observa cada semilla y sus cualidades, puede usarse

lápices marcadores de cera con los ocho colores mencionados en el Cuadro 1, para destacar y clasificar el estado de la semilla. O en su defecto, realizar la marcación con los códigos geométricos y formas, mediante herramientas digitales, p.e. en Powerpoint.

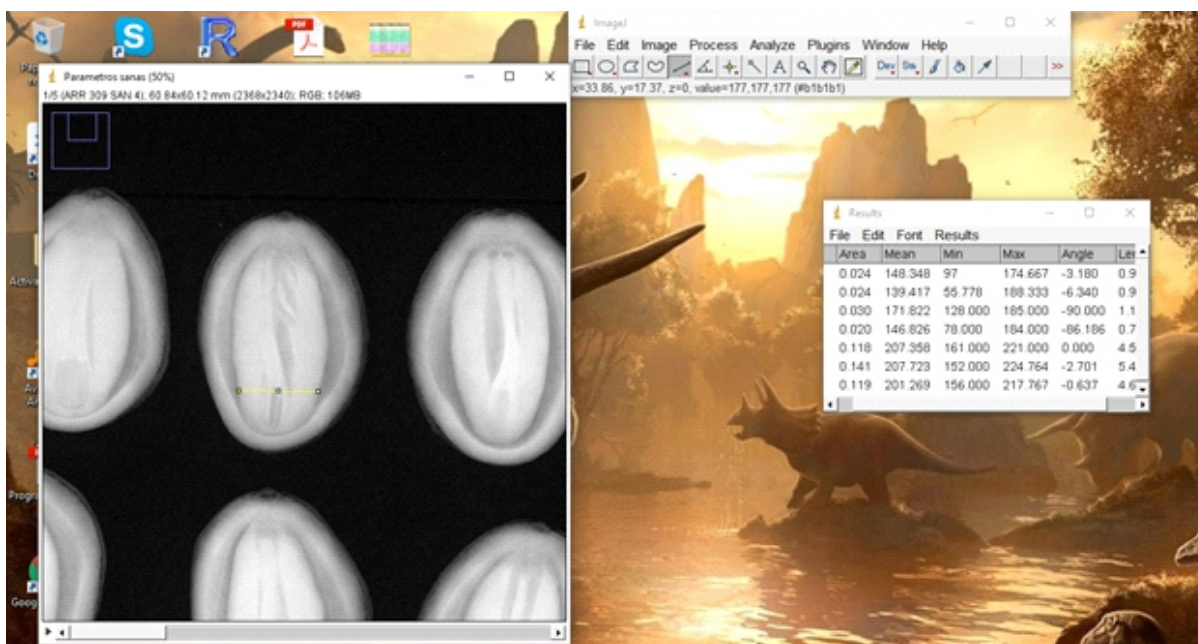


Figura 6.- Segmentación, medición morfométrica y evaluación de daños internos en semillas mediante las herramientas de análisis del software ImageJ®.

Todas las semillas se examinaron minuciosamente para cuantificar las afectaciones e identificar la tipología del daño, tomando como referencia los caracteres morfológicos de las plagas descritos en la literatura especializada (Bramlett *et al.*, 1977; Hedlin *et al.*, 1980; Cibrián-Tovar *et al.*, 1986; Bustamante-García *et al.*, 2012; DePinte *et al.*, 2020).

La severidad del daño se asignó en el programa ImageJ® utilizando herramientas de dibujo digital basadas en la metodología de codificación por forma y color digitalizables (Figura 7) adaptada de los criterios de marcado originalmente propuestos por Bustamante-García *et al.* (2012).

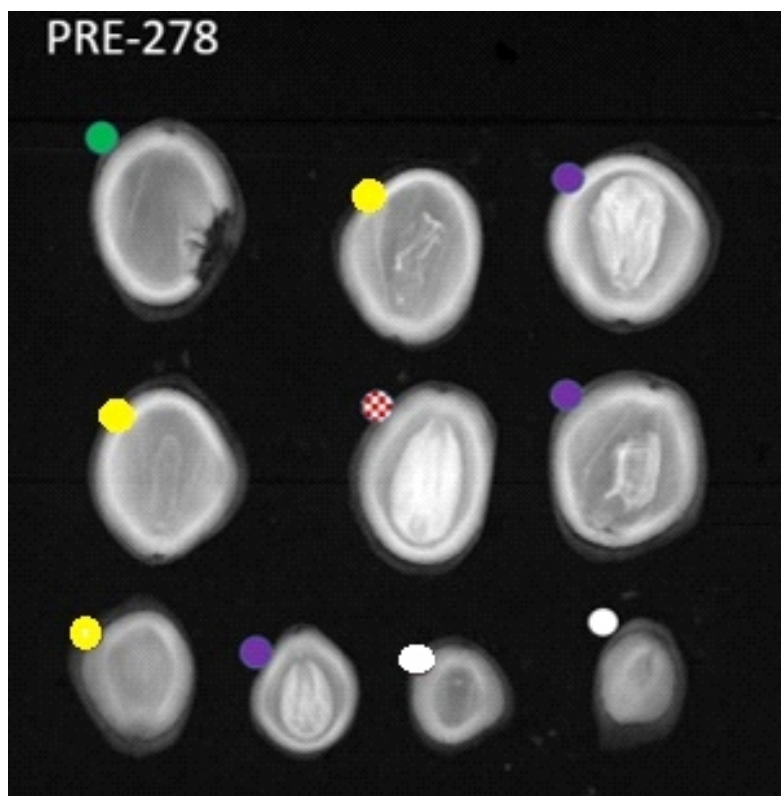


Figura 7.- Matriz de evaluación visual comparativa para la asignación de categorías de daño fitosanitario utilizando el código de colores estandarizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diversas categorías de daño en la mayor parte de la muestra evaluada (Leal-Sáenz *et al.*, 2021). El presente protocolo adaptó la escala cromática propuesta por Bustamante *et al.* (2012) para *Pinus engelmannii*. Sin embargo, se efectuaron modificaciones significativas para optimizar la diferenciación visual en *P. strobiformis* (Cuadro 1). Adicionalmente a estos dos trabajos previos, se incorporaron tres nuevos criterios diagnósticos: (1) “semillas incompletas”, en color gris; (2) daño por *Tetyra bipunctata*, representados

mediante rombos morados; y (3) semillas vacías divididas en dos clasificaciones como vana o abortada, en color blanco. Las semillas vanas son aquellas semillas huecas o marchitas que carecen de embrión debido a la falta de polinización o con óvulo no fecundado o malformación interna con menor tamaño. En contraste, las semillas abortadas muestran un óvulo que inició su proceso de fecundación y no se desarrolló por condiciones adversas, plagas, cambios genéticos, por lo cual detuvo su crecimiento a medio desarrollo, y por lo tanto, no desarrolló el embrión.

Como resultado de la aplicación de este protocolo, se estructuró una guía visual de identificación que integra de manera sistemática las diferentes categorías de anomalías estructurales y daños detectados en el germoplasma.

En esta guía se definen los patrones diagnósticos precisos para discriminar entre semillas con desarrollo incompleto, malformadas y vacías, así como los caracteres distintivos de los daños internos inducidos por el complejo de insectos plaga asociados a *Pinus strobiformis* (Figura 8).

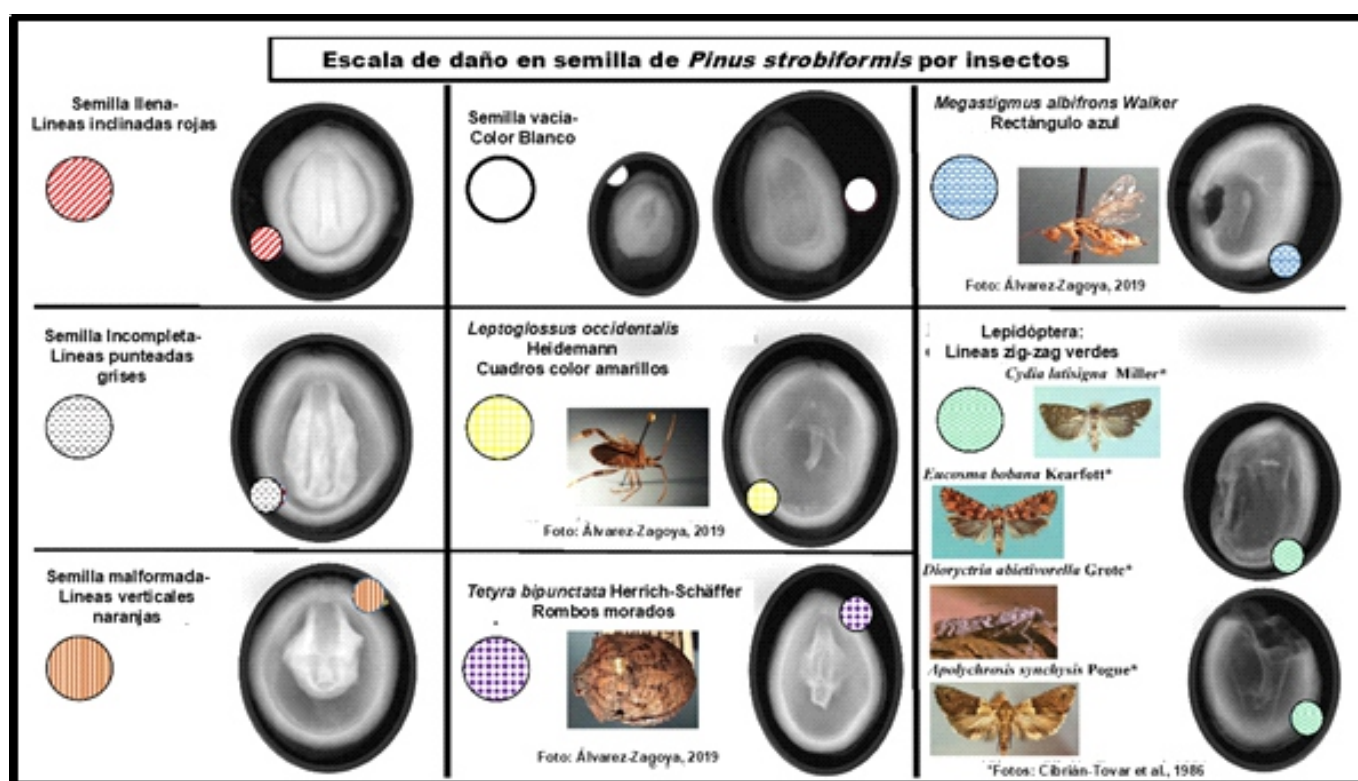


Figura 8.- Guía técnica de identificación y diagnóstico de anomalías morfológicas y daños específicos provocados por insectos plaga en semillas de *Pinus strobiformis* (Adaptado de Leal-Sáenz *et al.*, 2021).

Con respecto a la interpretación de los niveles de infestación, Bramlett *et al.* (1977) postulan que los umbrales de afectación interna en las semillas permiten diagnosticar el estado del rodal. De acuerdo con estos autores, valores de daño situados entre el 0% y el 10% reflejan una condición sanitaria óptima, atribuible a la implementación de buenas prácticas de manejo en producción de semillas. Por el contrario, incidencias que oscilan entre el 11% y el 19% advierten sobre el establecimiento incipiente de plagas, lo que justifica el diseño e inicio de acciones de control. Finalmente, registros superiores al 20% evidencian una problemática fitosanitaria que demanda una intervención mediante estrategias rigurosas de manejo integrado para la protección de conos y semillas.

La aplicación práctica y automatizada de estas tecnologías radiográficas ha sido documentada recientemente en otras familias botánicas. Por ejemplo, Musaev *et al.* (2022) evaluaron con éxito la calidad interna de semillas de *Brassica oleracea* L. var. *capitata*, *Raphanus sativus* L. var. *radicula* y *Lepidium sativum* L. En dicho estudio, se obtuvieron radiografías digitales mediante el dispositivo portátil PRDU-02 y el análisis morfométrico automatizado se ejecutó a través del software VideoTesT-Morphology 5.2. Los hallazgos de estos autores confirmaron que los índices matemáticos de brillo y de forma digitalizados son parámetros analíticos altamente confiables

para determinar la viabilidad del germoplasma, lo cual coincide con la eficacia observada en el presente protocolo al estandarizar los patrones de discriminación en el género *Pinus*.

En este contexto, de Medeiros *et al.* (2020a) sostienen que el análisis con imágenes de rayos X digitales constituye un método de alta viabilidad y aceptación para evaluar las propiedades estructurales internas en el sector agrícola debido a su naturaleza no destructiva. No obstante, estos autores subrayan que la inspección visual convencional de las placas radiográficas resulta laboriosa, subjetiva y susceptible a errores de interpretación humana. De ahí deriva la necesidad apremiante de desarrollar flujos de trabajo eficientes y automatizados. Como respuesta a esta problemática, se ha implementado la macro de acceso libre e interactiva IJCropSeed®, diseñada para optimizar el procesamiento masivo y el análisis de alto rendimiento de imágenes radiográficas de semillas. La extracción automatizada de estos parámetros morfométricos, integrada con modelos predictivos de aprendizaje automático, demostró una alta precisión para clasificar y predecir la calidad fisiológica en semillas de *Crambe abyssinica* Hochst. (de Medeiros *et al.*, 2020b). Estos antecedentes refuerzan el enfoque adoptado en la presente investigación, al demostrar que la estandarización asistida por software de libre acceso, mitiga la subjetividad del

operador e incrementa la reproducibilidad metodológica del diagnóstico sanitario en el género *Pinus*.

Arkhipov *et al.* (2020) evaluaron la viabilidad biológica en semillas de especies como el cedro siberiano (*Pinus sibirica* Du Tour), el cedro coreano (*P. koraiensis* Siebold & Zucc.), el maíz azucarero (*Zea mays* L.), el pepino (*Cucumis sativum* L.) y el pimiento (*Capsicum annuum* L.), mediante radiografía de rayos X de microfoco y análisis automático de imágenes digitales de rayos X. Las semillas con grano vacío y parcialmente lleno presentan valores más bajos del "brillo promedio" de los patrones de difracción de rayos X. La comparativa de los indicadores de rayos X y la capacidad de germinación de las plántulas se evaluaron como indicadores integrados para evaluar la utilidad biológica de las semillas.

Asimismo, Hamdy *et al.* (2025) señalan que la radiografía digital es una herramienta en auge debido a su rapidez y naturaleza no invasiva. No obstante, estos autores advierten que la carencia de protocolos estandarizados ha generado discrepancias en la literatura científica respecto al impacto biológico de la radiación en los tejidos vegetales. Al evaluar este factor, concluyen que la exposición controlada a rayos X de baja dosis es un método seguro que no altera la viabilidad interna y, por el contrario, puede ejercer un efecto beneficioso de estimulación fisiológica sobre el porcentaje final de germinación. Este hallazgo respalda de

forma directa la inocuidad del presente protocolo estandarizado y valida el uso del sistema Faxitron como una alternativa robusta y segura para el manejo a gran escala de germoplasma en el género *Pinus*.

CONCLUSIONES

Este estudio aporta información metodológica valiosa para optimizar los criterios y parámetros de medición de daños fitosanitarios, con una aplicación directa tanto en condiciones de laboratorio como en rodales forestales. La implementación de herramientas analíticas avanzadas, como las técnicas de radiografía por rayos X digitales, demostró ser indispensable para revelar el alcance real de las afectaciones internas en el germoplasma, las cuales resultan indetectables mediante la observación visual convencional. La descripción detallada de este protocolo estandarizado constituye una guía de referencia para técnicos, profesionales e investigadores de las áreas forestales y ambientales. Su adopción sistemática facilitará la ejecución de evaluaciones preliminares de alto rendimiento, permitiendo monitorear de forma periódica el estado de salud y la dinámica de las poblaciones de insectos plaga en los ecosistemas boscosos.

Finalmente, se concluye que la implementación sistemática de esta guía técnica representa una alternativa de alto rendimiento para el control de calidad en

bancos de germoplasma, áreas y huertos semilleros. Su adopción facilitará el monitoreo fitosanitario oportuno de los rodales seleccionados, optimizando la toma de decisiones preventivas en los programas de conservación y restauración de ecosistemas forestales.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo en el proyecto posdoctoral No.13817439 con título: "*Modelo de desplazamiento de zona de semillas de Pinus strobiformis Engelm. usando herramientas genómicas en tiempos de cambio climático*". Al financiamiento por la Fundación Nacional de Ciencias (National Science Foundation - NSF) bajo las subvenciones No.EF-1442597 y EF-1442486. Asimismo, al Instituto Politécnico Nacional (IPN) mediante la Secretaría de Investigación y Posgrado, por el financiamiento de los Proyectos SIP 20200851 y 20211219, para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez-Zagoya, R., y Márquez-Linares, M. A. (1998). Plagas y enfermedades de las pináceas de Durango, pp. 125-149. *In*: A. García-Arévalo y S. González-Elizondo. [eds.], Pináceas de Durango. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver. ISBN 968-7863-30-7. 179 p. [Instituto de Ecología](#)
- Arkhipov, M.V., N. S. Priyatkin, L.P. Gusakova, A.V. Karamysheva, L. P. Trofimuk, N. N. Potrakhov, and P. A. Shchukina. 2020. Microfocus X-ray method for detecting hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants. *Technical Physics*, 65(2), 324-332. [DOI: 10.1134/S1063784220020024](#)
- Bracalini, M., Benedettelli, S., Croci, F., Terreni, P., Tiberi, R., and Panzavolta, T. (2013). Cone and seed pests of *Pinus pinea*: assessment and characterization of damage. *Journal of economic entomology*, 106(1), 229-234. doi: 10.1603/EC12293
- Bramlett, D. L., Belcher, Jr. E. W., Debarr, G. L., Hertel, G. D., Karrfalt, R. P., Lantz, C. W., Miller, T., Ware, K. D., and Yates III, H. O. (1977). Cone analysis of southern pines- A Guidebook. General Technical Report SE 13. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station.

- Bustamante-García, V., Prieto-Ruíz, J. A., Álvarez-Zagoya, R., Carrillo-Parra, A., Corral-Rivas, J. J., and Merlín-Bermúdez, E. (2012). Factors affecting seed production of *Pinus engelmannii* Carr in seed stands in Durango State, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 37(3), 351-360. doi: 10.3958/059.037.0311
- Chavagnat, A. (1985). Use of soft X-ray radiography for studying seed quality in horticulture. *Seed Research in Horticulture* 215, 153-158. doi: 10.17660/ActaHortic.1987.215.20
- Cibrián-Tovar D., Ebel B. H., Yates III H. O., and Méndez-Montiel J. T. (1986). Insectos de conos y semillas de las coníferas de México. Cone and seed insects of the Mexican conifers. U.S. Dept. Agr. Gen. Tech. Rep. SE-40. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. Asheville, NC, USA, 110 p. doi: 10.2737/SE-GTR-40
- Cibrián-Tovar, D., Méndez-Montiel, J. T., Campos-Bolaños, R., Yates III, H. O., and Flores-Lara, J. (1995) Insectos forestales de México/ Forest Insects of Mexico. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo de Méx., México/ USDA Forest Service. Asheville, NC. USA. 453 p.
- DeBarr, G. L. (1970). Characteristics and radiographic detection of seed bug damage to slash pine seed. *Florida Entomologist*, 53(2), 109-117. [Online]. Available : file:///C:/Users/dell/Downloads/56554-56623-1-PB.pdf
- Del Río, Mora, A. (1980). Identificación de las principales plagas de conos de *Pinus* spp. del Campo Experimental "Barranca de Cupatitzio". Uruap, Mich. *Ciencia Forestal* 5(27): 17-42.
- DePinte D. E., Waring, K. M., and Gaylord, M. L. (2020). Cone and seed insects of Southwestern White Pine. Forest Insect & Disease Leaflet 189. U. S. Department of Agriculture. Forest Service. 8 p.
- de Medeiros, A. D., da Silva, L. J., da Silva, J. M., dos Santos Dias, D. C. F., and Pereira, M. D. (2020). IJCropSeed: An open-access tool for high-throughput analysis of crop seed radiographs. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105555. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105555>

- de Medeiros, A. D., Bernardes, R.C., da Silva, L.J., Lemos de Freitas, B.A., and dos Santos, D.C.F., da Silva, C.B. (2020_b). Deep learning-based approach using X-ray images for classifying *Crambe abyssinica* seed quality. *Industrial Crops and Products*, Vol. 164, 2021, 1 1 3 3 7 8 . <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113378>.
- Dormont, L., Roques, A., and Trosset, L. (1996). Insect damage to cones and other mortality factors limiting natural regeneration potential of Swiss stone pine (*Pinus cembra* L) in the northern French Alps. In *Annales des sciences forestières* (Vol. 53, No. 1, pp. 153-158). E D P S c i e n c e s . d o i : 10.1051/forest:19960112
- Hamdy, S., Soubigou-Taconnat, L., Dupont, A., Rasti, P., Ducournau, S., Rousseau, D., and Charrier, A. (2025). Understanding seed germination responses to low-dose X-rays: the role of seed quality, variety, and density. *Plant Methods*, 21(1), 143.
- Hedlin, A. F., Yates III, H. O., Cibrián-Tovar, D., Ebel, B. H., Koerber, T. W., and Merkel, E. P. (1980). Cone and insects of North American Conifers. Canadian Forestry Service, United States Forest Service, and Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 122p.
- Himanen, K., Helenius, P., Ylioja, T., and Nygren, M. (2015). Intracone variation explains most of the variance in *Picea abies* seed weight: implications for seed sorting. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(4), 470-477. doi: 10.1139/cjfr-2015-0379
- Kegley, S., Sturdevant, N., Stein, J., Willhite, B., Flanagan, P., Weatherby, J., and Marsden, M. (2001). Cone and seed insects and their impact on whitebark pine. Forest Health Protection Report-01-6, Northern Region, USDA Forest Service, Missoula, Montana. URL: <https://ir.library.oregonstate.edu/concern/defaults/n583xw229>
- Leal-Sáenz, A., Waring, K. M., Álvarez-Zagoya, R., Hernández-Díaz, J. C., López-Sánchez, C. A., Martínez-Guerrero, J. H., and Wehenkel, C. (2021). Assessment and models of insect damage to cones and seeds of *Pinus strobiformis* in the Sierra Madre Occidental, México. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1 - 15 . d o i : 10.3389/fpls.2021.628795
- Linhart, Y. B., Moreira, X., Snyder, M. A., and Mooney, K. A. (2014). Variability in seed cone production and functional response of seed predators to seed cone availability: support for the predator satiation hypothesis. *Journal of Ecology*, 102(3), 576-583. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12231>

- Lippitt, L., Fidelibus, M. W., and Bainbridge, D. A. (1994). Native seed collection, processing, and storage for revegetation projects in the western United States. *Restoration Ecology*, 2(2), 120-131. doi: 10.1111/j.1526-100X.1994.tb00049.x
- Machado, C. F., and Cícero, S. M. (2003). 'Aroeira-branca' [*Lithraea molleoides* (Vell.) Engl.-Anacardiaceae] seed quality evaluation by the X-ray test. *Scientia Agricola*, 60(2): 393-397. doi: 10.1590/S0103-90162003000200026
- Musaev, F., Priyatkin, N., Potrakhov, N., Beletskiy, S., and Chesnokov, Y. (2021). Assessment of Brassicaceae seeds quality by X-ray analysis. *Horticulturae*, 8 (1) , 2 9 . doi.org/10.3390/horticulturae8010029
- Ruth, D. S., Miller, G. E., and Sutherland, J. R. (ed.) (1982). A guide to the common insect pests and diseases in spruce seed orchards in British Columbia. *Information Report Canadian Forestry Service (Canada)*. Canadian Forest Service, Pacific Forest Research Centre. Victoria, British Columbia, Canada. BC-X-231, 26 pp. <https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65de01814c5ae494fd8a75c>
- Schmid, J. M., Mitchell, J. C., Carlin, K. D., and Wagner, M. R. (1984) "Insect damage, cone dimensions, and seed production in crown levels of ponderosa pine," *Great Basin Naturalist*, 44(4), 575-758. Available at: <https://scholarsarchive.byu.edu/gbn/vol44/iss4/5>
- Wickman, B. E., and Quigley, T. M. (1992). Forest health in the Blue Mountains: the influence of insects and diseases (Vol. 295). USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores que tengan interés en publicar en la revista VIDSUPRA del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango (CIIDIR-IPN-Durango), deberán ajustarse a los lineamientos establecidos para artículos científicos originales e inéditos.

Las contribuciones quedarán dentro de los siguientes tipos de trabajos:

- a) Resultados de investigación o experimentales
- b) Notas científicas
- c) Estudios de revisión
- d) Divulgación: monografía, ensayo, tesis, reflexión y crítica.

Los trabajos experimentales deberán presentar resultados originales de investigación, que no hayan sido previamente publicados. Se dividirán en las siguientes secciones:

TÍTULO. A continuación del título irán el (los) nombre (s) del (los) autor (es), y en seguida, el nombre de la institución donde se generó el trabajo.

RESUMEN. Deberá contener no más de 250 palabras. Establecerá brevemente el propósito del trabajo y los principales resultados y conclusiones. Evitar citas bibliográficas, abreviaciones no comunes, pero si son necesarias, deben ser definidas.

PALABRAS CLAVE. Serán de tres a cinco.

ABSTRACT. Deberá tener los mismos lineamientos que el RESUMEN

KEY WORDS. Serán de tres a cinco.

INTRODUCCIÓN. En esta sección se brindarán los antecedentes adecuados y se establecerán los objetivos del trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS. Se deberá proporcionar el suficiente detalle del trabajo experimental y de campo para que el trabajo pueda ser reproducido. Métodos ya publicados se pueden indicar con una referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La discusión deberá incluir la significancia de los resultados.

CONCLUSIONES

AGRADECIMIENTOS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. Revisar un número reciente para consultar el estilo de la presentación de las referencias bibliográficas.

TABLAS Y FIGURAS.

Se entregarán en archivos independientes con las siguientes características:

- Formato .jpg. de alta resolución y tamaño grande.
- Figuras, cuadros y fotografías deben ir en blanco y negro o escala de grises.
- Las tablas no deben llevar bordes verticales
- Los títulos respectivos no deben formar parte de la tabla o la figura.

ENTREGA DE DOCUMENTOS

Los documentos originales se entregarán vía correo electrónico, en formato Word, a la dirección vidsupra@gmail.com dirigidos a la M.C. Rebeca Alvarez Zagoya.

La comisión editora se reserva los derechos para la selección y publicación de los trabajos.

Los artículos contenidos en la revista son de la responsabilidad exclusiva de los autores.

PROCEDIMIENTO

Todos los trabajos que se envíen y cumplan con los lineamientos de este documento serán sometidos a revisión por parte de especialistas, con un estricto anonimato tanto de autores como de evaluadores.

La Coordinación Editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios editoriales que considere necesarios para mejorar el trabajo.

Toda correspondencia deberá dirigirse a:

vidsupra@gmail.com

Revista VID SUPRA, CIIDIR IPN Unidad Durango

Unidad Politécnica de Integración Social

Sigma No. 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II

Durango, Dgo., México, 34220

Tel. (618) 814 2091 y Fax (618) 814 4540

Teléfono de red IPN (55) 5729 6000 Ext. 82615

Los autores son los únicos responsables del material, textos e imágenes que utilizan en sus respectivos trabajos, debiendo respetar siempre los derechos de autor de terceras personas, por lo que la Revista no se hace responsable de lo contenido en este tema respecto al trabajo de los autores.

CIIDIR DURANGO

CENTRAL DE INSTRUMENTACIÓN

Central de Instrumentación

Laboratorios de fisicoquímica
y microbiología

Servicios

Análisis de alimentos
Análisis de agua
Análisis de suelos
Análisis de bebidas con
contenido alcohólico

Acreditaciones

Entidad Mexicana de Acreditación
Laboratorio de Ensayos
COFEPRIS
Laboratorio Tercero Autorizado



Informes:

DRA. MARICELA ESTEBAN MÉNDEZ
Coordinadora de la Central de Instrumentación CIIDIR IPN
Unidad Durango
Calle Sigma Núm. 119 Fracc. 20 de Nov. II
Durango, Dgo. México. C.P.34220
Tel (618) 814-20-91 Y 814 45 40 Extensiones: 82615 Y 82601
Correo electrónico: ci_dgo@ipn.mx