

Leandris Argentel-Martínez  
Ofelda Peñuelas-Rubio  
Jaime Garatuza-Payán  
*Editores*

# Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México

Volumen II



Pantanal Editora

2025

**Leandris Argente!-Martínez**  
**Ofelda Peñuelas-Rubio**  
**Jaime Garatuza-Payán**  
Editores

**Investigaciones Biológicas, Agrícolas  
y Ambientales de México**  
**Volumen II**



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Jefe:** Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Ejecutivos:** Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diseño:** El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

### Consejo editorial

#### Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez  
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Ugur Azizoglu  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Institución

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
SED Mato Grosso do Sul  
UEMA  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe  
Universidade Kayseri, Türkiye  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Consejo Científico Técnico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

**Catalogación en la publicación**  
**Elaborada por Bibliotecaria Janaina Ramos – CRB-8/9166**

I62

Investigaciones biológicas, agrícolas y ambientales de México - Volumen II / Organização de Leandris Argente-Martínez, Ofelda Peñuelas-Rubio, Jaime Garatuzza-Payán. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025. 250p. ; il.

Libro en PDF

ISBN 978-65-85756-56-3

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756563>

1. Ciencia. 2. Innovación tecnológica. I. Argente-Martínez, Leandris (Organizador). II. Peñuelas-Rubio, Ofelda (Organizador). III. Garatuzza-Payán, Jaime (Organizador). IV. Título.

CDD 500

Índice para catálogo sistemático

I. Ciencia



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## Prólogo

El presente libro se titula: “**Investigaciones Biológicas, Agrícolas y Ambientales de México, Volumen II**”. Ha sido conformado por un grupo de estudios experimentales y de extensión, enfocados la generación de nuevos conocimientos.

El libro está conformado por tres sesiones. La primera: “**Investigaciones biológicas**” agrupa trabajos con microorganismos promotores del desarrollo, estudio de potencial antifúngico y antagonistas de microorganismos y extractos vegetales. La segunda sesión: **Investigaciones agrícolas**” aglutina el quehacer científico para la producción de hortalizas y cereales, principalmente en condiciones experimentales de campo abierto. Estas investigaciones contribuyen a la seguridad y soberanía alimentaria nacional y a la mitigación de impactos de condiciones edafoclimáticas estresantes. La tercera sección “**Investigaciones ambientales**” confirma la importancia de cereales adaptables a condiciones climáticas desfavorables. Además otro de los trabajos aborda del uso de los manglares para la funcionalidad y estabilidad de ecosistemas costeros. En esta sección también se presenta una contribución que enfatiza en la importancia de la actividad fúngica en el saneamiento de suelos ante la presencia de metales pesados.

Se agradece a todos los autores de los respectivos capítulos, en su mayoría investigadores nacionales de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (**SECIHTI**) adscritos a diferentes centros de Educación Superior de los Estados Unidos Mexicanos. Gracias a su quehacer científico generan productos que, en medios como este, amplían las capacidades y posibilidades de acceso universal al conocimiento. Un reconocimiento especial a los miembros del Cuerpo Académico Consolidado **ITVAYA-CA-3, del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui**, por su contribución a las tres secciones aquí agrupadas.

**Los autores**

## Resumen

|                                                                                                                                                                                              |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Prólogo.....</b>                                                                                                                                                                          | <b>4</b>   |
| <b>Ciencias biológicas .....</b>                                                                                                                                                             | <b>7</b>   |
| <b>Capítulo 1.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>8</b>   |
| Uso de microorganismos promotores del desarrollo del maíz (DK-4050) bajo régimen de riego deficitario controlado .....                                                                       | 8          |
| <b>Capítulo 2.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>20</b>  |
| Caracterización fitoquímica preliminar y actividad antifúngica <i>in vitro</i> de <i>Parkinsonia aculeata</i> sobre <i>Fusarium</i> del maíz .....                                           | 20         |
| <b>Capítulo 3.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>28</b>  |
| Efectos de <i>Enterobacter cloacae</i> y <i>Priestia megaterium</i> en la absorción de agua y germinación de de frijol .....                                                                 | 28         |
| <b>Capítulo 4.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>40</b>  |
| Caracterización Biofísica de autohidrolizados de calamar gigante ( <i>Dosidicus gigas</i> ) mediante dispersión de rayos X de ángulo pequeño.....                                            | 40         |
| <b>Capítulo 5.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>49</b>  |
| Evaluación de la calidad de yogur con pitaya ( <i>Stenocereus thurberi</i> ) elaborado con una combinación de lactobacilos .....                                                             | 49         |
| <b>Capítulo 6.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>61</b>  |
| Extracto del wereke ( <i>Ibervillea sonora</i> ) como antagonista de <i>Fusarium</i> spp .....                                                                                               | 61         |
| <b>Ciencias agrícolas .....</b>                                                                                                                                                              | <b>73</b>  |
| <b>Capítulo 7.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>74</b>  |
| Optimización del cultivo de trigo cristalino mediante el uso de enmiendas (yeso agrícola) para mejorar la calidad del grano .....                                                            | 74         |
| <b>Capítulo 8.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>81</b>  |
| Índices de vegetación derivados de imágenes digitales para el análisis de la fenología y el desarrollo del cultivo de trigo .....                                                            | 81         |
| <b>Capítulo 9.....</b>                                                                                                                                                                       | <b>87</b>  |
| Efecto de diferentes estrategias de fertilización orgánica en el crecimiento de plántulas de Chile Piquín ( <i>Capsicum annuum</i> var. <i>aviculare</i> ) bajo condiciones protegidas ..... | 87         |
| <b>Capítulo 10 .....</b>                                                                                                                                                                     | <b>97</b>  |
| Evaluación de híbridos de maíz cultivados en suelo en condiciones de salinidad .....                                                                                                         | 97         |
| <b>Capítulo 11 .....</b>                                                                                                                                                                     | <b>107</b> |
| Efectos del QuitoMax® en la germinación de plántulas de tomate de las variedades Amalia y Claudia en condiciones semicontroladas .....                                                       | 107        |
| <b>Capítulo 12 .....</b>                                                                                                                                                                     | <b>122</b> |
| Tratamiento a la semilla de maíz y su efecto en la calidad fisiológica en dos condiciones de almacenamiento .....                                                                            | 122        |
| <b>Capítulo 13 .....</b>                                                                                                                                                                     | <b>133</b> |

|                                                                                                                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Aceites esenciales y caldos minerales como tratamineto pregerminativo en semilla de maíz .....                                                                    | 133        |
| <b>Capítulo 14 .....</b>                                                                                                                                          | <b>144</b> |
| Productividad de melón Zacapa con diferentes densidades de siembra en Michoacán.....                                                                              | 144        |
| <b>Ciencias ambientales .....</b>                                                                                                                                 | <b>156</b> |
| <b>Capítulo 15 .....</b>                                                                                                                                          | <b>157</b> |
| Triticale: una opción sustentable para forraje bajo condiciones agroecológicas en el sur de Sonora                                                                | 157        |
| <b>Capítulo 16 .....</b>                                                                                                                                          | <b>162</b> |
| Caracterización ambiental multi-hábitat de islas artificiales, para la gestión de sitios de anidación de aves acuáticas en Bahía del Tóbari, Sonora, México ..... | 162        |
| <b>Capítulo 17 .....</b>                                                                                                                                          | <b>200</b> |
| Importancia del aislamiento de hongos en suelos contaminados con metales pesados para biorremediación y biotecnología ambiental .....                             | 200        |
| <b>Capítulo 18 .....</b>                                                                                                                                          | <b>219</b> |
| Políticas desarticuladas sobre cuencas, manglares y pesca: impactos regionales y respuestas comunitarias desde El Topón, Pijijiapan, Chiapas.....                 | 219        |
| <b>Índice .....</b>                                                                                                                                               | <b>248</b> |
| <b>Editores.....</b>                                                                                                                                              | <b>249</b> |

# Ciencias biológicas



# Índices de vegetación derivados de imágenes digitales para el análisis de la fenología y el desarrollo del cultivo de trigo

Recibido em: 31/03/2025

Aprobado em: 14/04/2025

 10.46420/9786585756563cap8

R. Suzuki Pinto 

Enrico A. Yépez\* 

Jaime Garatuza-Payán 

## INTRODUCCIÓN

A través de la fotosíntesis, la respiración y la transpiración los cultivos que sustentan la alimentación mundial impactan la dinámica de gases en la atmósfera (IPCC, 2021). Se proyecta un aumento de la temperatura a nivel global en los próximos años, lo que podría alterar las tasas de emisión y captura de gases de efecto invernadero (GEI) en la interacción planta-atmósfera, debido a su estrecha relación con el metabolismo de los cultivos y las prácticas agrícolas. Estos cambios ambientales representan una amenaza para la capacidad de producción de alimentos.

La utilización de imágenes digitales en la estimación de índices de vegetación asociados con el desarrollo de las plantas y ecosistemas se ha implementado ampliamente en las geociencias y ecología, pero su uso dentro de la fisiología agrícola es limitado (Cueva et al., 2021). Condiciones ambientales cada vez más variables debido a los efectos del cambio climático, demandan análisis continuos de las dinámicas de desarrollo de los cultivos agrícolas que permitan detectar de manera rápida y efectiva información detallada sobre los estados fenológicos clave, así como las etapas de mayor actividad fotosintética.

Cambios morfológicos, fisiológicos e incluso aquellos relacionados con procesos químicos podrían ser correlacionados con una serie de índices vegetativos, incluidos los derivados del análisis de bandas rojas, verdes y azules (RGB). Estudios previos en cultivos agrícolas han demostrado que el análisis de imágenes digitales puede detectar diferencias en la sensibilidad de las plantas al estrés hídrico y por altas temperaturas con base en el estudio de parámetros de crecimiento (Abdelhakim et al., 2021), así como cambios en el verdor de la biomasa asociados con senescencia temprana (Humplík et al., 2015) y desde luego, cambios en la fenología de la planta.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la dinámica de desarrollo del cultivo de trigo mediante el análisis de imágenes digitales capturadas de manera repetidas durante un ciclo agrícola otoño-invierno.

---

\* Autor correspondiente: yepezglz@gmail.com

## MATERIAL Y MÉTODOS

El área experimental del presente estudio se localiza en el Valle del Yaqui, Sonora, dentro de los terrenos pertenecientes al Centro Internacional de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se estableció un ensayo con 12 genotipos de trigo, de los cuales se seleccionó uno como variedad modelo para la ejecución de la metodología aquí descrita. CIRNO C2008 es la variedad de trigo con mayor superficie de siembra en el Valle del Yaqui y se caracteriza por ser un trigo duro (*Triticum durum* L.) de hábito primaveral (Figueroa-López et al., 2010). El experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2020-2021 siguiendo las recomendaciones en fechas de siembra y manejo agrícola correspondiente a la región Noroeste de México proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (INIFAP). La fecha de germinación fue registrada el 25 de diciembre de 2020. Se realizó control de plagas y maleza cuando fue necesario.

**Tabla 1.** Índices vegetativos calculados con las coordenadas cromáticas RGB obtenidas a partir de imágenes digitales capturadas en el cultivo de trigo CIRNO C2008 durante el ciclo 2020-2021.

| Índice vegetativo | Cálculo                 | Asociado con                                                | Referencia              |
|-------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------|
| gcc = Ig          | $\frac{G}{(R + G + B)}$ | Verdor de biomasa,<br>Productividad primaria<br>bruta (PPB) | Cueva et al. (2021)     |
| g/r               | $\frac{G}{R}$           | NDVI, contenido de<br>clorofila, biomasa aérea              | Adamsen et al. (1999)   |
| VIgreen           | $\frac{G - R}{G + R}$   | NDVI                                                        | St. Peter et al. (2018) |
| ExG               | $2G - (R + B)$          | Verdor de biomasa                                           | St. Peter et al. (2018) |

Para la captura de imágenes se colocó una cámara automática (Moultrie M-50) apuntando hacia el dosel del cultivo programada en el modo time-lapse para tomar fotografías diariamente cada 3 horas entre las 6:00 y 18:00 h. Las imágenes digitales fueron colectadas durante todo el ciclo agrícola, iniciando en la emergencia el día 25 de diciembre de 2020 y culminando el día 22 de abril, una vez que el cultivo alcanzó la madurez fisiológica. Las imágenes digitales fueron procesadas en Rstudio, mediante el paquete *Phenopix* (Filippa et al., 2016) el cual permite extraer los números digitales de cada imagen utilizando para ello un área de referencia establecida. Con base en los números digitales RGB fue posible calcular los índices vegetativos gcc (Green Chromatic Coordinate), VIgreen (Visible Atmospherically Resistant Indices Green), g/r (Green-Red Vegetation Index) y ExG (Excess Green). Con el objetivo de evitar incluir imágenes capturadas en días nublados, con falta de luz, sombras o imágenes con presencia de cualquier otro artefacto que pudiera interferir en el análisis se realizó un filtro inicial limitando las imágenes a utilizar a solamente aquellas cuyo horario de captura fuera entre las 12:00 y 15:00 h. En la

siguiente etapa se aplicaron dos filtros adicionales que permitieron eliminar interferencias. Enseguida se seleccionó un área de interés (ROI) dentro del experimento misma que ubicó al genotipo modelo CIRNO C2008, dentro del área de estudio.

Mediante este análisis fue posible extraer información fenológica del cultivo de trigo para el periodo especificado en el presente estudio calculando los índices vegetativos en base a las coordenadas cromáticas proporcionadas por los números digitales RGB de cada imagen (Tabla 1).

Con base en la información extraída se realizó una línea del tiempo en la que fue posible observar el avance del cultivo a través de cada una de las etapas fenológicas mismas que fueron confirmadas con observaciones directas en campo (Figura 1).

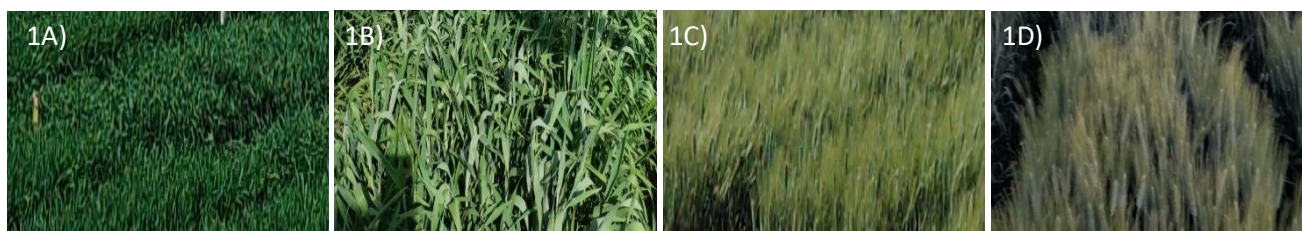


**Figura 1.** Imágenes digitales capturadas durante el desarrollo del experimento. 1A) etapa vegetativa, 1B) embuche, 1C) espigamiento, y 1D) Madurez.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos obtenidos de las imágenes digitales pueden contener demasiado ruido generando confusión en su interpretación. Con base en la consistencia de los datos a través del tiempo es posible aplicar cuatro tipos de filtros que ayuden a reducir: a) condiciones ambientales poco favorables para la captura de imágenes, b) poca iluminación, c) lentes sucios, d) valores extremos. Es importante mencionar, que estos filtros se fueron aplicando en el orden que se enlistan en la Figura 2, y que son acumulativos, es decir, los datos más refinados se observan en color azul. Se identificó que la etapa con mayor tasa de crecimiento se localizó a fines del mes de enero y la de menor tasa de crecimiento en abril (Figura 3.) Lo anterior coincide con las observaciones detectadas en campo ya que durante los últimos días de enero el cultivo se encontró en etapa vegetativa la cual se caracteriza por el desarrollo acelerado de la planta que se encuentra generando la biomasa que pasará a formar parte de las nuevas hojas y tallos (Pinto et al., 2016). A partir de ese pico máximo, se observó un decaimiento en gcc hasta alcanzar la madurez fisiológica donde la planta pierde totalmente su coloración verde. Se sabe que hasta 50% del CO<sub>2</sub> fijado mediante el proceso fotosintético, se libera por respiración (Amthor 2025) y que esta proporción puede aumentar cuando la temperatura ambiental se incrementa. Lo anterior podría impactar fuertemente el balance de carbono.

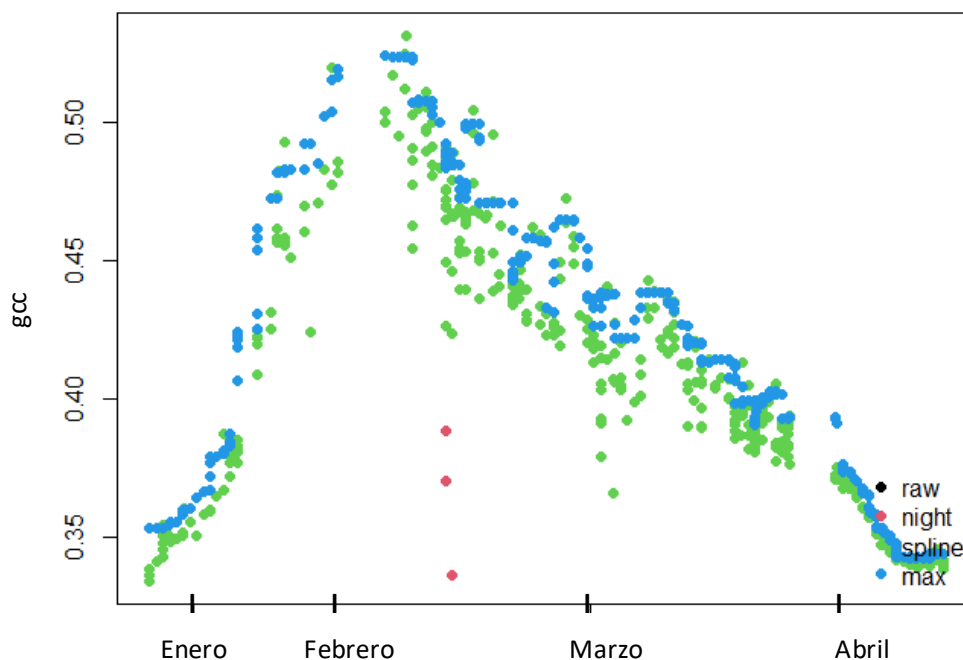


**Figura 2.** Diagnóstico de los filtros aplicados sobre el índice de verdor (gcc) proporcionado por el paquete Phenopix. Los valores estimados para gcc crudos son indicados en color negro (quedando ocultos), mientras los valores para el diagnóstico aparecen en rojo, verde y azul. En rojo el filtro “night” que descarta valores muy pequeños; en verde el filtro “spline” que elimina outliers según Migliavacca et al. (2011); en azul el filtro “max” que se basa en la iluminación según Sonnentag et al. (2012).

En nuestro caso durante el mes de febrero, el sistema agrícola del trigo estaría acumulando las mayores cantidades de carbono, pero que éstas podrían estarse compensando con la alta respiración necesaria para sostener el acelerado ritmo de crecimiento de la planta durante esta etapa fenológica. Aunado a ello, observaciones previas del efecto de la edad de la hoja sobre la tasa de respiración en trigo, indican que hojas más jóvenes reportan tasas de respiración más altas que las hojas viejas (Pinto et al., 2017). En términos ecológicos, se ha resaltado el impacto positivo que tienen las zonas de cultivo como sumideros de carbono, ya que según Gilmanov et al. (2010) las tierras de cultivo captan alrededor de  $933 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$  aunque ello dependerá del tipo de cultivo y las condiciones de siembra. El índice de verdor (gcc) mostro un rango amplio desde el inicio al fin del ciclo agrícola, con valores desde 0.335 hasta un máximo de 0.521 ambos detectados en la etapa vegetativa de la planta. El índice ExG que al igual que gcc estima el verdor del follaje, mostró nuevamente mayores valores en la etapa vegetativa. Los índices Vlgreen y g/r, que simulan el índice normalizado vegetativo (NDVI) utilizando las bandas del espectro visible, mostraron igualmente su valor máximo durante la etapa vegetativa con algunas variaciones durante la etapa reproductiva y el llenado de grano donde su valor máximo fue apenas 0.163 y 1.389 lo que representa una disminución de entre el 40-60% del pico máximo. Lo anterior coincide con las dinámicas de desarrollo del cultivo registradas mediante observaciones directas en campo para este experimento. Dado que todos los índices resultan de distintas combinaciones de los números digitales

(rojo, verde y azul) es esperada la alta correspondencia entre los patrones detectados para cada uno de ellos.

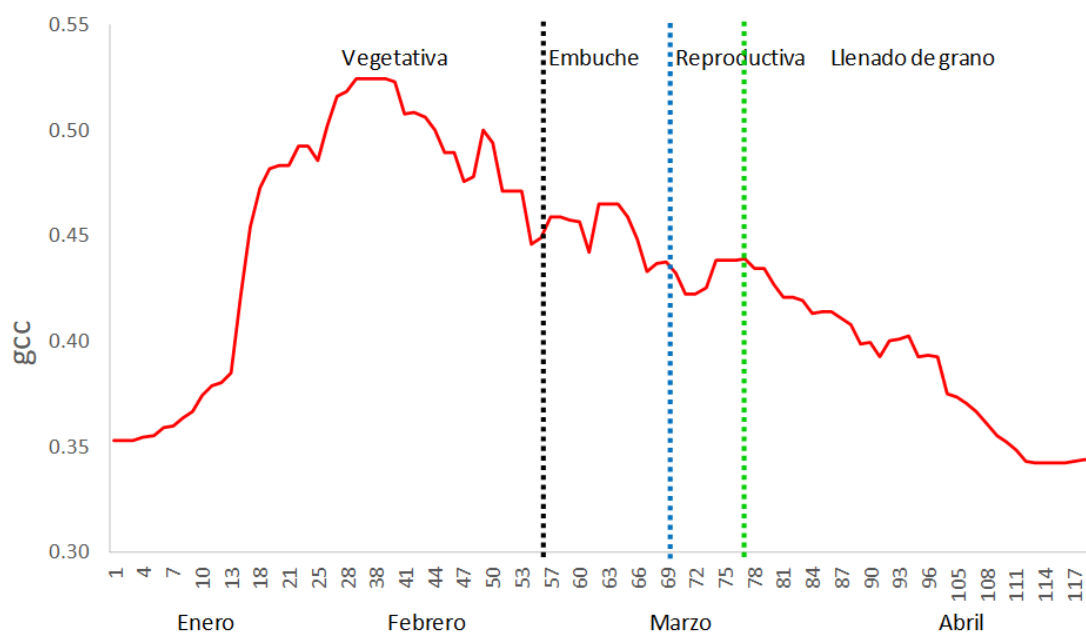


**Figura 3.** Índice de verdor (gcc) calculado durante el ciclo de cultivo de trigo en 2020-2021 en días después de emergencia (1-117). Con líneas punteadas se indica el inicio de las etapas fenológicas del cultivo diferenciando con, a) negro: inicio de embuche, b) azul: inicio de la etapa reproductiva, y c) verde: inicio del llenado de grano.

## CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demostraron que los índices derivados de los datos extraídos de fotografías digitales constituyen una herramienta rápida y eficaz para detectar variaciones relacionadas con la cantidad y el verdor de la biomasa producida y, por ende, con la actividad fotosintética del cultivo. Asimismo, se logró identificar la curva de desarrollo del cultivo de trigo lo que se espera contribuya a optimizar el monitoreo del crecimiento del cultivo mediante herramientas accesibles, mejorar las estrategias de manejo agronómico y facilitar la toma de decisiones para incrementar la productividad y sostenibilidad agrícola.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelhakim LOA et al. (2021). Investigating Combined Drought-and Heat Stress Effects in Wheat under Controlled Conditions by Dynamic Image-Based Phenotyping. *Agronomy*, 11(2): 364.
- Adamsen FJ et al. (1999). Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop science*, 39(3): 719-724.

- Amthor JS (2025). After photosynthesis, what then: Importance of respiration to crop growth and yield. *Field Crops Research*, 321: 109638.
- Cueva, A. et al. (2021). Foliage senescence as a key parameter for modeling gross primary productivity in a Mediterranean shrubland. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 126(1): e2020JG005839.
- Figuerola-López P. et al. (2010). CIRNO C2008, nueva variedad de trigo cristalino con alto rendimiento potencial para el estado de Sonora. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5): 739-744.
- Filippa G. et al. (2016). Phenopix: AR package for image-based vegetation phenology. *Agricultural and Forest Meteorology*, 220: 141-150.
- Humplík JF et al. (2015). Automated phenotyping of plant shoots using imaging methods for analysis of plant stress responses—a review. *Plant methods*, 11(1): 1-10.
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.
- Migliavacca M. et al. (2011). Using digital repeat photography and eddy covariance data to model grassland phenology and photosynthetic CO<sub>2</sub> uptake. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(10): 1325-1337.
- Pinto R.S. et al. (2017). Identification of heat tolerant wheat lines showing genetic variation in leaf respiration and other physiological traits. *Euphytica*, 213(3), 76.
- Pinto RS. Et al. (2016). Modelling and genetic dissection of staygreen under heat stress. *Theoretical and Applied Genetics*, 129: 2055-2074.
- Sonnentag O. et al. (2012). Digital repeat photography for phenological research in forest ecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 152: 159-177.
- St. Peter, J. et al. (2018). Linking phenological indices from digital cameras in Idaho and Montana to MODIS NDVI. *Remote Sensing*, 10(10): 1612.

## Índice

### A

adaptabilidad, 158  
aislamiento, 203, 205, 207

### B

bicentenario, 156, 159, 160  
biophysical, 40

### C

cajas Bruce, 148, 151  
calidad, 74, 75, 76, 78  
canela, 137  
*capsicum annuum* var. *aviculare*, 86, 88  
cepas, 64, 65, 67, 68, 69

### D

densidad poblacional, 150  
*Dosidicus gigas*, 40, 41, 44, 46

### E

*Enterobacter cloacae*, 9  
extractos vegetales, 62, 69

### F

fitopatología, 64  
flavonoides, 21, 23  
forraje  
    seco, 157, 158, 159  
    verde, 157, 158, 159, 160

### H

híbridos, 97

### I

imágenes digitales, 82  
índice  
    de verdor, 84  
    vegetativo, 81  
    de vegetación, 80  
inhibición del crecimiento, 64, 66, 67  
interacción, 160

### M

melón, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151  
micronutrientes, 75, 76

### N

NDVI, 108, 113, 114, 116, 117

### Q

Quitosano, 111, 113

### R

rendimiento, 144, 150, 151  
    de biomasa, 11, 15

### S

sensorial, 52, 57  
silicosulfocálcico, 137  
sulfocálcico, 137

### T

Thiamethoxam, 122, 123, 126  
tratamiento químico, 122, 127  
trigo, 81  
    cristalino, 74

### V

Valle del Yaqui, 97  
vigor de plántula, 123

### X

X-ray, 40, 41, 43, 45

### Y

yeso agrícola, 74, 75, 76, 78  
yogurt, 51

### Z

zea mays, 19, 121  
zigzag, 145, 146, 147, 150, 151  
zinc, 137

## Editores



### **Leandris Argentele-Martínez**

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de investigadoras e Investigadores del SECIHTI, Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico consolidado ITVAYA-CA-3. Líneas de investigación: Fisiología Vegetal, Bioquímica, Biología Celular y Molecular en plantas y microorganismos. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas. Desarrollo de investigaciones sobre mecanismos fisiológicos, rutas anapleróticas y mecanismos moleculares activados por los organismos durante su adaptación estreses abióticos. Uso de marcadores moleculares de tolerancia de los organismos al estrés abiótico (salinidad, sequía y calor). Manejo de técnicas de isótopos estables para el

seguimiento de reacciones bioquímicas en células y tejidos. Aplicación de técnicas experimentales univariadas y multivariadas para el procesamiento de datos. Entre sus principales proyectos, se encuentra vigente en 2022 “Aplicaciones del microbioma y el metaboloma de la *Parkinsonia aculeata* L. Sp. Pl. para la mitigación de estreses biótico y abiótico en el semidesierto y en especies de interés agrícola en México” correo electrónico para contacto: oleinismora@gmail.com



### **Ofelda Peñuelas Rubio**

Profesor e Investigador Titular "C" del Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui (ITVY). Miembro del Sistema Nacional de investigadoras e Investigadores del SECIHTI, Nivel 1. Profesora con Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, miembro del Cuerpo Académico consolidado ITVAYA-CA-3. México. Realizó dos estancias posdoctorales (Enero 2016 - Diciembre 2017) dentro del programa de Estancias Nacionales de CONACYT en el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional en el área de Ecología Molecular de la Rizósfera. Es Doctora en Ciencias especialidad

en Biotecnología. Su quehacer científico lo desarrolla en el área agrícola, principalmente en el manejo sustentable de los recursos implicados en los agroecosistemas y el aprovechamiento de la microbiota del suelo. Ha participado en colaboración con distintos grupos de investigación lo que le ha permitido participar en proyectos multidisciplinarios y en publicaciones científicas. Email para contacto: ofeperub@gmail.com



 **Jaime Garatuza-Payán**

Profesor e Investigador “C” del Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Departamento de Ciencias del Agua y del Medio Ambiente. Miembro del sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores del SECIHTI Nivel 2. Profesor perfil deseable (PROMEP). Miembro del cuerpo académico consolidado “Ciencias del Agua”. Miembro del Comité Científico del Programa Mexicano del Carbono (PMC). Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Profesor-Investigador distinguido en el Instituto Tecnológico de Sonora. Entre sus principales

expertices se encuentran las líneas de investigación y generación del conocimiento: Biotecnología en sistema de producción agrícola, manejo de cuencas, hidrometeorología y cambio climático. Cuenta con más de 100 publicaciones científicas en revistas de alto factor de impacto. Email para contacto: [jaime.garatuza@itson.edu.mx](mailto:jaime.garatuza@itson.edu.mx)



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)



9786585756563

