

## **Cambio climático y aguacate en Morelos: influencia de la variabilidad de temperatura y precipitación en su producción**

Karen Fernanda Arrieta-Aguilar<sup>\*</sup>, Oscar Gabriel Villegas Torres<sup>1</sup>, Ana Cecilia Conde Álvarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos,

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático de la Universidad Nacional Autónoma de México.

\*[karrietaaguilar@gmail.com](mailto:karrietaaguilar@gmail.com)

### Resumen

El aguacate es un pilar en la agricultura mexicana. Se encuentra concentrado en cinco estados de México, incluido Morelos, y actualmente enfrenta desafíos por el cambio climático. El aguacate es sensible a cambios en temperatura y patrones de precipitación. En Morelos, se observan modificaciones climáticas que influyen en la producción de esta fruta, especialmente el aumento de temperatura y variaciones en la precipitación que impactan de forma negativa la fenología del aguacate, comprometiendo momentos cruciales de su ciclo de vida. Proyecciones climáticas a futuro indican un escenario más desafiante. Comprender estos impactos es fundamental para implementar estrategias de adaptación y garantizar la sostenibilidad de la industria aguacatera en un entorno cambiante.

*Palabras clave:* aguacate, vulnerabilidad, variabilidad climática, agricultura.

### Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill) en México es considerado un orgullo nacional, siendo líder en su cultivo con un valor de la producción agrícola primaria de 63 447 millones de pesos en 2022, así como por ser el principal proveedor de esta fruta a nivel mundial, aportando el 41.6 % del valor de exportaciones mundiales<sup>1</sup>. Por ese éxito en la industria agroalimentaria, incluso es conocido como el “oro verde”. Más de 35 000 productores en el país se benefician de su cultivo, lo que lo convierte en el segundo cultivo más importante en términos

de valor de producción agrícola primaria. Además, la industria aguacatera genera 391 000 empleos directos y 98 000 indirectos<sup>2</sup>.

El cultivo de aguacate en México, principalmente de la variedad Hass, se concentra en cinco estados: Michoacán, Jalisco, Estado de México, Nayarit y Morelos, que en conjunto contribuyen con el 95 % de la producción nacional<sup>1</sup>. En Morelos, esta fruta se caracteriza por cumplir con estándares de calidad a nivel nacional e internacional y se encuentra dentro de los principales productos agrícolas del estado, destinando a su cultivo una superficie de 5728 hectáreas y con un valor de la producción de 901 millones de pesos en 2021<sup>2</sup>. Por las características de suelo, clima y fisiográficas de la zona noroeste de Morelos, la industria aguacatera tiene un alto potencial de desarrollo. Algunos de los municipios productores son Ocuituco, Tetela del Volcán, Tlaneantla, Tepoztlán, entre otros<sup>3</sup>.

Factores socioeconómicos que promueven o limitan el crecimiento del sector productivo son el acceso a insumos (fertilizantes, plaguicidas), apoyos gubernamentales, asesoría técnica, capacitación, entre otros. Asimismo, aquellos que están relacionados con el entorno natural, como las características del suelo y el comportamiento de los elementos del clima, especialmente temperatura y precipitación<sup>4,5</sup>.

Estos dos últimos factores juegan un papel fundamental en la productividad del aguacate, ya que es necesario cubrir ciertos requerimientos de temperatura y agua de acuerdo con la etapa en la que se encuentra (por ejemplo, floración o crecimiento del fruto) para obtener un desarrollo óptimo de la planta y, en consecuencia, buenos rendimientos<sup>6</sup> (figura 1).



Figura 1. Floración y crecimiento del aguacate.

Para el caso del aguacate Hass, la temperatura desempeña un papel crucial en la duración del período de la floración hasta la formación del fruto. Las condiciones óptimas para el cultivo de esta variedad incluyen temperaturas medias anuales que oscilen entre los 14 y 24 °C<sup>7</sup>. También presenta requisitos específicos en cuanto a la cantidad de precipitación anual necesaria, que se sitúa en el rango de 1200 a 1800 mm que deben

estar bien distribuidos a lo largo del año. Otros aspectos relacionados con la precipitación, como el exceso de humedad, encharcamientos o, por el contrario, la presencia de sequías prolongadas puede tener efectos negativos en la producción<sup>7</sup>.

## Cambio climático y aguacate: evidencias en Morelos

La alteración de la temperatura y la precipitación debido al cambio climático amenaza la producción agrícola, incluyendo el aguacate. Desde 1850, un aumento de 1.1 °C ha modificado los patrones de lluvia y ha incrementado la frecuencia de eventos climáticos extremos como lluvias torrenciales, olas de calor, sequías y heladas<sup>8</sup>.

Existe evidencia de cómo este fenómeno está afectando la producción de aguacate en México. Se ha determinado que la zona productora de aguacate en Michoacán ya ha sufrido modificaciones en la temperatura y una disminución de la lluvia<sup>9,10</sup>. Otros estudios que se enfocan en analizar la aptitud del territorio señalan que las áreas potenciales para su producción, en México, podrían disminuir hasta un 43 % en los escenarios de cambio climático pesimistas<sup>11</sup>.

Para el caso de Morelos, Bolongaro et al.<sup>12</sup> determinaron que la temperatura y precipitación sufrieron modificaciones en el periodo analizado de 1961-2008. Los datos muestran una tendencia de incremento de la temperatura máxima y en el número de períodos cálidos en el estado; respecto a la precipitación, una disminución del volumen de lluvia en la zona sur y el aumento en la zona centro y norte. Por su parte, Rojano et al.<sup>13</sup> establecieron que el 78.68 % de la superficie total de Morelos presenta un grado desde vulnerable hasta altamente vulnerable.

El comportamiento de la temperatura y la precipitación en dos municipios productores de aguacate en Morelos (Cuernavaca y Tetela del Volcán) fueron analizados por Arrieta et al.<sup>14</sup> en el periodo 1956-2019. Se encontró un aumento significativo de la temperatura mínima en Tetela del Volcán en años recientes, y un incremento de la precipitación anual en el periodo 2016-2018 junto con un retraso en el inicio de la temporada de lluvias. Estas modificaciones amenazan la fenología del aguacate, ya que las temperaturas están cerca del umbral crítico para la floración, y el desfase en la temporada de lluvias afecta la producción.

En términos del comportamiento futuro de la temperatura y precipitación en esta entidad, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)<sup>15</sup> proyecta que para el periodo 2081-2100, bajo todos los escenarios, habrá un incremento gradual de la temperatura, alcanzando 1.2 °C a 4.9 °C en el escenario más pesimista (SSP5 RCP 8.5) con respecto a 1981-2010. En cuanto a la precipitación en el escenario más pesimista, se proyecta una disminución del 9.9 % en el volumen de lluvia respecto a 1981-2010.

Por su parte, Monterroso et al.<sup>16</sup>, quienes evaluaron la vulnerabilidad al cambio climático en función de sus tres dimensiones (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa a nivel municipal), destacan que entre los tres municipios más vulnerables de Morelos se encuentra Ocuilco, el principal productor de aguacate en el

estado<sup>1</sup>. Asimismo, reportan que el 79 % de la superficie del sector agrícola tiene un nivel medio de vulnerabilidad y el 18 %, alta vulnerabilidad.

## Perspectivas

Los impactos del aumento de temperatura y cambios en la precipitación además de afectar los aspectos fisiológicos de la planta también afectan factores relacionados directamente con los productores, que pueden traducirse en la reducción de los rendimientos e incrementos de los costos de producción para mitigar los efectos negativos del cambio climático en los productores<sup>17</sup>. El aguacate es especialmente vulnerable, ya que su producción se concentra en cinco estados, incluido Morelos, donde más del 50 % de la superficie cultivada es de temporal; es decir, depende de la regularidad de las lluvias<sup>18</sup>. Comprender cómo el clima cambiará en el futuro es esencial para tomar decisiones que reduzcan estos impactos, ya sea mediante estrategias gubernamentales, ajustes en las prácticas agrícolas de los productores o más información para generar medidas de adaptación ante un entorno cambiante<sup>19</sup>.

## Conclusiones

La influencia del cambio climático en la producción agrícola es innegable y el aguacate no es la excepción. El aumento de la temperatura y las alteraciones en los patrones de lluvia afectan directamente la fenología del aguacate, poniendo en riesgo los momentos cruciales de su desarrollo como la floración y el crecimiento del fruto. Además, se proyecta que estas condiciones podrían agravarse en el futuro.

El conocimiento detallado de los impactos del cambio climático en la producción de aguacate, junto con la comprensión de los posibles escenarios futuros, ofrece una oportunidad para implementar estrategias de adaptación que aminoren los efectos negativos. Las decisiones informadas y las acciones coordinadas, tanto desde el gobierno como desde el sector agrícola, son esenciales para afrontar estos desafíos y desarrollar prácticas más sostenibles y resilientes en un entorno cambiante.

## Referencias bibliográficas

1. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2023). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
2. Sistema de Información de Acciones Sanitarias. (2023). *Estadística transversal. Panorama del Sector Agrícola*. <https://dj.senasica.gob.mx/SIAS/Statistics/Transversal/PanoramaAgricola>
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). *Aspectos geográficos. Morelos*. [https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen\\_17.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_17.pdf)

4. Rocha-Arroyo, J., Salazar-García, S., Bárcenas-Ortega, A., González-Durán, I., & Cossio-Vargas, L. (2011). Fenología del Aguacate “Hass” en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2(3), 303-316.
5. Salazar-García, S., Medina-Carrillo, E., & Álvarez-Bravo, A. (2016). Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos de frutos de aguacate Hass. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(13), 2565-2575. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i13.483>
6. Téliz, D., & Mora, A. (2007). *El aguacate y su manejo integrado*. Mundi-Prensa.
7. Ruiz-Corral, J., Medina-García, G. A., Flores-López, H., Ramírez-Ojeda, G., Ortiz-Trejo, C., Byerly-Murphy, F., & Martínez-Parra, R. (2013). *Requerimientos agroecológicos de cultivos*. SAGARPA-INIFAP.
8. Intergovernmental Group of Climate Change. (2023). *Synthesis Report of The Ipcc Sixth Assessment Report (AR6)*. IPCC.
9. Ortiz Panigua, C., & Ortega Gómez, A. (2015). Agricultura y cambio climático en la región aguacatera del Estado de Michoacán. *20º Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México*, Cuernavaca, Morelos, AMECIDER-CRIM, UNAM.
10. Álvarez-Bravo, A., Salazar-García, S., Ruiz-Corral, J., & Medina-García, G. (2017). Escenarios de cómo el cambio climático modificará las zonas productoras de aguacate “Hass” en Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(19), 4035-4048. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.671>
11. Charre-Medellín, J., Mas, J., & Chang-Martínez, L. (2021). Potential expansion of Hass avocado cultivation under climate change scenarios threatens Mexican mountain ecosystems. *Crop and pasture science*, 72(4), 291-301. <https://doi.org/10.1071/CP20458>
12. Bolongaro-Crevenna, A., Torres Rodríguez, V., Chavarría Hernández, J., Pohle Morales, O., García Vicario, F., & Barahona Echeverría, O. (2013). Escenarios de Cambio climático en el Estado de Morelos. En M. L. Ortiz-Hernández & E. Sánchez-Salinas (Eds.), *Cambio climático: Vulnerabilidad de sectores clave en el estado de Morelos* (pp. 17-53). Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
13. Rojano, A. O. (2013). Vulnerabilidad de la agricultura de temporal al cambio climático en el Estado de Morelos. En M. L. Ortiz-Hernández & E. Sánchez-Salinas (Eds.), *Cambio climático. Vulnerabilidad de sectores clave en el Estado de Morelos* (pp. 155-202). Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
14. Arrieta-Aguilar, K., Sotelo Nava, H., Peralta Abarca, J. d., Villegas Torres, O., Perdomo Roldán, F., & Millán Benitez, E. (2023). Análisis de temperatura y precipitación en dos zonas aguacateras del estado de Morelos: periodo 1956-2019. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(4), 543-554. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i4.3161>
15. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2024). *Informe Jornada Estatal contra el Cambio climático: Morelos*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/961846/024\\_2024Morelos.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/961846/024_2024Morelos.pdf)
16. Monterroso, R., Fernández, E., Trejo, V., Conde, C., Escandón, J., Villers, L., & Gay, C. (2014). *Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en cambio climático: Universidad Nacional Autónoma de México. <https://atlasclimatico.unam.mx/VyA/>
17. Food and Agriculture Organization. (2019). *Agriculture and climate change. Challenges and opportunities at the global and local level. Collaboration on climate-smart agriculture*. FAO.

18. Sotelo-Nava, H., Villegas-Torres, O. G., Domínguez-Patiño, M. L., Perdomo-Roldán, F., Hernández Castro, E., Damián Nava, A., Ramos García, M. (2013). Avocado Nutritional Diagnosis (*Persea americana* Mill.) “Hass”, Soil Fertility and Water Quality in Ocuituco, Morelos. *Journal of Chemistry and Chemical Engineering*, 7(11), 1068-1073.
19. Monterroso-Rivas, A. I., Conde-Álvarez, A. C., Pérez-Damian, J. L., López-Blanco, J., Gaytan-Dimas, M., & Gómez-Díaz, J. D. (2018). Multi-temporal assessment of vulnerability to climate change: insights from the agricultural sector in Mexico. *Climatic Change*, 147, 457-473. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2157-7>