

Actualización de la viticultura chihuahuense: Superficie plantada, variedades y producción estimada 2023

Update on Chihuahuan viticulture: Planted area, varieties, and estimated production 2023

¹Diego Iván Alvarado-Murillo, ^{1*}Irma Ofelia Maya-Meraz, ²José de Jesús Ornelas-Paz, ¹Rodrigo Alonso-Villegas, ¹Ricardo Aarón González-Aldana

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Av. Universidad, Campus 1, C. P. 31530, Chihuahua, Chihuahua, México. Correos electrónicos: ivan18alvarado18@gmail.com; imaya@uach.mx; ralonso@uach.mx; ragonzal@uach.mx ORCID: <http://orcid.org/0009-0007-5774-2418>; <http://orcid.org/0000-0001-5333-7457>; <http://orcid.org/0000-0002-6074-4568>; <http://orcid.org/0000-0002-2476-8976>

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. A. C., Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N, parque industrial, C. P. 31110, Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México. Correo electrónico: jornelas@ciad.mx ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1989-019X>

*Autor de correspondencia

Recibido: 26 de enero del 2024

Aceptado: 17 de diciembre del 2024

Publicado: 30 de mayo del 2025

<https://doi.org/10.33064/iycuaa2025955009>
e5009

RESUMEN

Chihuahua es el principal productor de manzana, nuez y durazno, sin embargo, son cultivos que requieren hasta 50% o más cantidad de agua en comparación con los requerimientos de la vid. El estado cuenta con diversos microclimas y a partir de la escala Winkler, se identificaron las cinco zonas variables para la producción de vino distribuidas en 17 regiones. Sin embargo, datos de superficie plantada, variedades y producción no se encuentran actualizados en comparación con los cultivos antes mencionados. Por lo que se evaluaron un total de 50 viñedos comerciales distribuidos en las 17 regiones con mayor superficie plantada y número de variedades de uvas tintas y blancas. Viñedos establecidos en zonas Winkler con características cálidas y muy cálidas, pudieran presentar complicaciones a futuro debido al incremento de temperaturas por el cambio climático.

Palabras clave: vitivinícola; uva tinta; uva blanca; *Vitis vinifera*; Zonificación.

ABSTRACT

Chihuahua is the main producer of apples, walnuts, and peaches; however, these are crops that require up to 50% or more water compared to the requirements of grapevines. The state has diverse microclimates and bases on the Winkler scale, the five variable zones for wine production were identified, distributed in 17 regions. However, data on planted area, varieties and production are not updated in comparison with the crops. Therefore, a total of 50 commercial vineyards distributed in the 17 regions with the largest planted area and number of red and white grape varieties were evaluated. Vineyards established in Winkler

zones with warm and very warm characteristics could present complications in the future due to the increase in temperatures caused by climate change.

Keywords: winegrowing; red grape; white grape; *Vitis vinifera*; Zoning.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua es uno de los principales productores de frutos caducifolios de México como manzana, nuez y durazno (Guerra et al., 2022). Por otro lado, la superficie de plantación vitícola a nivel mundial según datos de la OIV al 2023, se estima una plantación de 7.2 millones de hectáreas (ha), con rendimientos en producción de uva alrededor de 71.3 millones de toneladas, de la cual el 49.7% se destina a vinificación y que países como España, Francia e Italia lideran el sector (OIV, 2023). A pesar de que la viticultura mexicana surgió con la llegada de Hernán Cortés quien mandó plantar vides en el nuevo continente en 1524, y en el siglo XVII, Felipe II prohíbe el cultivo de la vid en la Nueva España ocasionando el decremento de la producción en el país (Meraz-Ruiz, 2013).

En 2016 México retoma auge en el sector vitivinícola al integrarse a la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) como estado miembro, impulsando con esto el crecimiento de la viticultura mexicana (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Actualmente, el país posee alrededor de una superficie plantada de 37,000 hectáreas de uva la cual el 12.5% es destinada para elaboración de vinos y se encuentra distribuida en 15 estados del territorio nacional (Consejo Mexicano Vitivinícola, 2023).

Según Ojeda-Barrios et al., (2012), la viticultura resurgió a partir del 2010 como cultivo de importancia en el estado de Chihuahua en diversas regiones que fueron previamente caracterizadas por Sierra-Goldberg (2010) de acuerdo con las condiciones edafoclimáticas de los diversos microclimas del territorio, dando origen a las cinco zonas propuestas por Amerine & Winkler, (1974); donde la zona I de clima muy fresco posee el potencial para la producción de uvas para vinos de mayor calidad, la zona II con clima fresco para producir vinos de buena calidad, la zona III con climas templados para la producción de vinos de calidad hasta las zonas IV y V con características de climas cálidos a muy cálidos para la producción de vinos de mesa o tipo jerez y destilados. Estas cinco zonas se encuentran distribuidas en 17 municipios del estado (Sierra-Goldberg, 2010).

Según el Consejo Mexicano vitivinícola (2023), actualmente Chihuahua ocupa el cuarto lugar de producción de uva para vino con alrededor de 400 hectáreas de viñedos, en

contraste el Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2022) no menciona a Chihuahua como uno de los principales productores. Además, al consultar la base de datos del SIAP, Chihuahua, aparece con una superficie plantada de 268 ha de uva industrial (uva para pasa, jugo y vino) y no industrial (uva de mesa).

En la actualidad debido al cambio climático, Chihuahua como muchos otros lugares, se ve afectado con incremento de temperaturas y la disponibilidad de agua, es cuando la uva para vino retoma interés debido a la menor demanda de agua que requiere este cultivo en comparación con los existentes en el estado como manzano, nogal y durazno (Ramírez-Legarreta et al., 2011; Civit et al., 2018).

Por lo anterior, se considera que a pesar de la expansión de viñedos va incrementando, el establecimiento de las variedades no van completamente acorde a los sitios adecuados a las zonificaciones realizadas, para que puedan expresar su potencial enológico, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue recopilar datos a través de encuestas a 50 viñedos distribuidos en 17 regiones del estado, para estimar datos de producción y densidad de plantación, además de investigar si es correcta la distribución de las variedades tintas y blancas establecidas en las regiones previamente caracterizadas en cinco zonas Winkler.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante el 2022 y 2023 mediante un estudio de campo, este consistió en recopilar datos de un total de viñedos distribuidos en 17 regiones del estado de Chihuahua (Fig. 1). Los datos considerados fueron: nombre de variedades blancas y tintas, superficie cultivada, marco de plantación del viñedo, así como los datos históricos de número promedio de racimos, y producción promedio por planta de cada viñedo en Kg.

Estos datos fueron utilizados para estimar los rendimientos de producción de acuerdo con cálculos descritos por Dami, (2006). Por otro lado, en la Tabla 1 se muestra la zonificación de las 17 regiones, así como sus características climáticas descritas por Sierra-Goldberg, (2010) de los 50 viñedos evaluados del territorio chihuahuense.

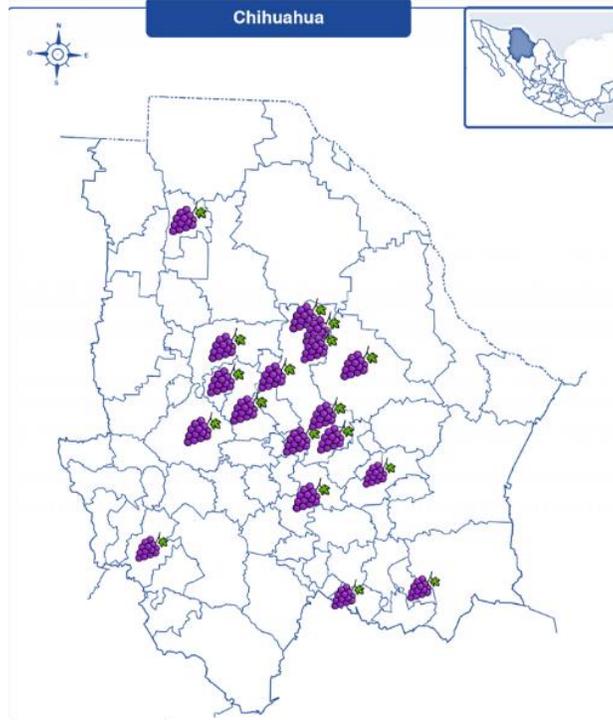


Figura 1. Distribución de los viñedos en las regiones del estado de Chihuahua.

Fuente: Propia y adaptado de INEGI, 2018.

Tabla 1
 Número de viñedos de las diferentes regiones del estado de Chihuahua y la zona Winkler correspondiente

Región del estado de Chihuahua	Número de viñedos	Grados día	Zona Winkler	Característica climática de la región
Chihuahua	15	1941-2220 ≥2220	IV V	Templado-cálido Cálido
Guerrero	5	≤0-1390	I	Muy fresco
Namiquipa	4	1391-1670	II	Fresco
Cuauhtémoc	4	0-1390 1391-1670	I II	Muy fresco Fresco
Delicias	3	≥2220	V	Cálido
Santa Isabel	3	1671-1940 1941-2220	III IV	Templado Templado-cálido
Satevó	3	1671-1940 1941-2220	III IV	Templado Templado-cálido
Villa Ahumada	2	≥2220	V	Cálido
Aldama	1	≥2220	V	Cálido
Bachíniva	1	≤0-1390 1391-1670	I II	Muy fresco Fresco
Urique (Cerocahui)	1	≤0-1390	I	Muy fresco
López	1	≥2220	V	Cálido
Nuevo Casas Grandes	1	1941-2220	IV	Templado-cálido
Riva Palacio	1	1391-1670	II	Fresco
Santa Bárbara	1	1671-1940	III	Templado
Cusihuirachi	1	1391-1670	II	Fresco
Hidalgo del Parral	1	1671-1940 1941-2220	III y IV	Templado Templado-Cálido

Fuente: Elaboración propia adaptado de Sierra-Goldberg, 2010.

RESULTADOS

Los resultados del trabajo mostraron que actualmente al 2023, existen alrededor de 420.5 ha de superficie plantada de uva exclusiva para vino en el territorio chihuahuense (Fig. 2). Las regiones que más contribuyen son: Chihuahua y Delicias con el 63% de la plantación estatal, con extensiones de 158 y 105 ha respectivamente. Aunque la región de Chihuahua de un total de 15 viñedos evaluados, solo uno de ellos contribuye con el 46% de las 158 ha totales de esa región.

Por otro lado, se observó en la región de Delicias cuenta con un total de 105 ha, de las cuales uno de los tres viñedos comerciales estudiados, cuenta con el 80% del total de la superficie de viñedos en producción. Finalmente, las regiones de Santa Isabel, Guerrero,

Namiquipa, Aldama y Cuauhtémoc mostraron tener extensiones de viñedos desde 0.5 hasta 17.5 ha de superficie establecida, aportando entre todas un 25.5% de la superficie vitícola estatal.

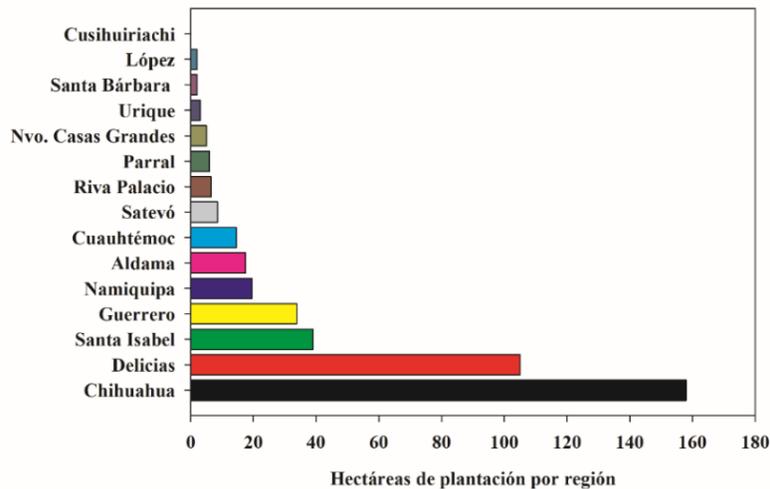


Figura 2. Superficie (ha) de viñedos establecidos en las principales regiones del estado de Chihuahua, México.
Fuente: Elaboración propia.

La producción estimada de uva para vino en el estado de Chihuahua mostró un rendimiento total de 6,131 t al 2023 (Fig. 3). Las principales regiones que contribuyen a la producción estatal son Chihuahua con 35.1% y Delicias con el 28.3 %. Por otro lado, las regiones de Santa Isabel, Guerrero y Cuauhtémoc han mostrado rendimientos de 588.8, 418.8 y 343.3 t, aportando a la producción con un 9.6, 6.8 y 5.6% respectivamente. Las cinco regiones alcanzan el 82.7 % del total de la producción del estado de Chihuahua, mientras que las nueve regiones restantes, solo contribuyen con el 17.3% de la producción del territorio.

A pesar de que las regiones de Aldama y Namiquipa, cuentan con mayor extensión de superficie plantada que Cuauhtémoc (Fig. 2), la región de Cuauhtémoc muestra de manera interesante rendimientos superiores que las regiones mencionadas (Fig. 3).

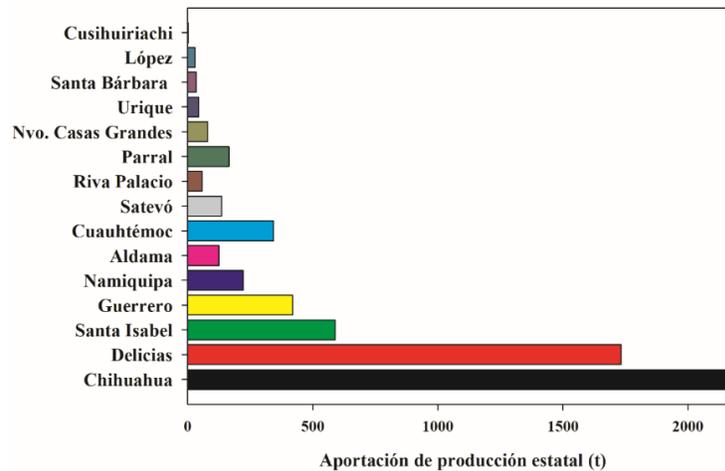


Figura 3. Producción total de uva para vino y su porcentaje de aportación en la producción estatal de Chihuahua, México.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del estudio mostraron el número de variedades blancas y tintas que se cultivan en cada región del estado de Chihuahua (Fig. 4). De las variedades tintas se observó, en orden de variabilidad que la región de Chihuahua cuenta con el mayor número con un total de ocho variedades, seguido de las regiones de Cuauhtémoc, Guerrero, Namiquipa y Santa Isabel con seis variedades tintas, mientras que las regiones de Delicias, Satevó y López mostraron tener cinco variedades cultivadas. Por otro lado, la región de Chihuahua, de manera similar, cuenta con el mayor número de variedades blancas con un total de cinco, mientras que Delicias y Namiquipa, cuentan con cuatro variedades, en contraste, se observó que las regiones de Satevó, Villa Ahumada, Cuauhtémoc y Guerrero, cuentan en promedio con tres y dos variedades blancas plantadas.

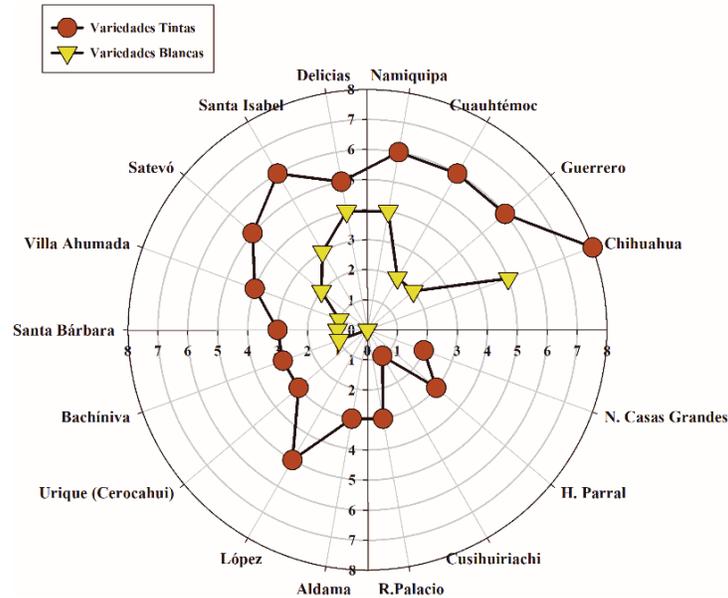


Figura 4. Número de variedades de uva para vino blanca y tintas cultivadas en las regiones del estado de Chihuahua. Fuente: Elaboración propia.

Las variedades de uva blanca y tinta de los 50 viñedos fueron cuantificadas y clasificadas de acuerdo con su nombre, de las cuales se obtuvieron diez variedades tintas y ocho variedades blancas (Fig. 5). Los resultados mostraron que las variedades tintas Cabernet Sauvignon, Malbec y Shiraz son las variedades más cultivadas, presentes en 32, 29 y 27 viñedos del estado respectivamente y estos cultivos se encuentran en las regiones de Chihuahua, Guerrero, Namiquipa, Cuauhtémoc, Delicias y Santa Isabel entre otras más (Tabla 2).

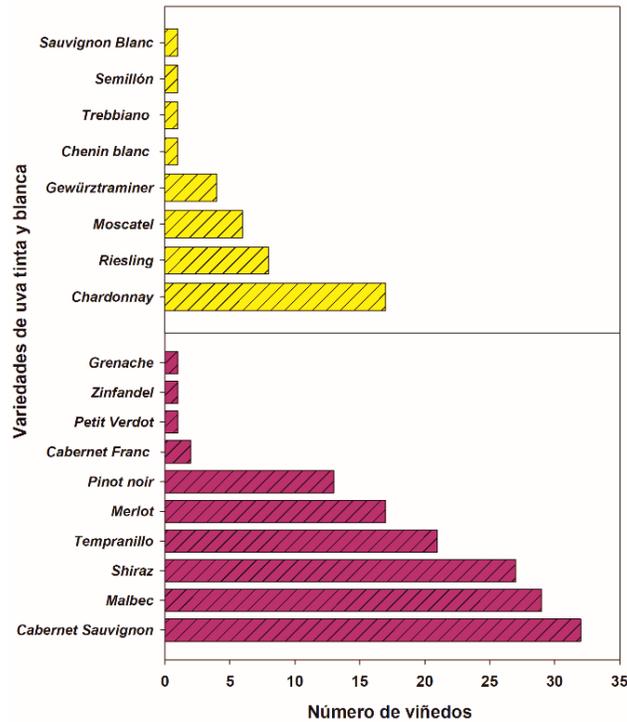


Figura 5. Variedades de uva tinta y blanca de interés comercial cultivadas en el estado de Chihuahua, México. Fuente: Elaboración propia).

Por otro lado, se observó que la variedad Chardonnay, es la más cultivada y se encontró establecida en 17 viñedos (Fig. 5), principalmente en las regiones de Chihuahua, Guerrero, Namiquipa, Cuauhtémoc, Delicias, Bachíniva, Santa Isabel y Santa Bárbara (Tabla 2). Mientras que las variedades blancas que mostraron mediano interés para su cultivo en el estado fueron Riesling, Moscatel y Gewürztraminer, las cuales se cultivan solamente en 8, 6 y 4 viñedos respectivamente.

Tabla 2
 Número y nombre de las variedades tintas y blancas cultivadas en las diferentes regiones del estado de Chihuahua al 2023

Región del estado de Chihuahua	Variedades tintas		Variedades blancas
Chihuahua	Cabernet Sauvignon Cabernet Franc Shiraz Malbec	Tempranillo Merlot Pinot Noir Petit Verdot	Riesling Chardonnay Gewürztraminer Moscatel Semillon
Guerrero	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec	Tempranillo Merlot Pinot Noir	Riesling Chardonnay
Namiquipa	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec	Tempranillo Merlot Pinot Noir	Riesling Chardonnay Gewürztraminer Moscatel
Cuauhtémoc	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec	Tempranillo Pinot Noir Grenache	Chardonnay Gewürztraminer
Delicias	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec	Tempranillo Merlot	Riesling Chardonnay Gewürztraminer Moscatel Trebiano
Santa Isabel	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec	Tempranillo Pinot Noir Merlot	Chardonnay Moscatel Chenin Blanc
Satevó	Shiraz Malbec Tempranillo	Merlot Zinfandel	Riesling Gewürztraminer
Villa Ahumada	Cabernet Sauvignon Shiraz	Malbec Merlot	Moscatel
Aldama	Cabernet Sauvignon	Shiraz Malbec	Moscatel
Bachíniva	Cabernet Sauvignon Shiraz	Malbec	Chardonnay
Urique (Cerocahui)	Cabernet Sauvignon Shiraz	Malbec	
López	Cabernet Sauvignon Shiraz Petit Verdot	Merlot Pinot Noir	
Nuevo Casas Grandes	Cabernet Sauvignon Merlot		
Riva Palacio	Cabernet Sauvignon Tempranillo Malbec Shiraz		
Santa Bárbara	Tempranillo Malbec		
Cusihuirachi	Cabernet Sauvignon		
Hidalgo del Parral	Cabernet Sauvignon Shiraz Malbec		

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Los datos de superficie plantada de uva para vino en el estado de Chihuahua al 2023, se encuentran distribuidas dentro de las cinco zonas Winkler previamente establecidas por Sierra-Goldberg (2010). Sin embargo, se observó que la mayor extensión se encuentra en las regiones cálidas del estado como Chihuahua y Delicias, correspondientes a escalas Winkler IV y V respectivamente, estas regiones cuentan con temperaturas máximas promedio de 34 °C durante los meses de junio, julio y agosto (SMN-CONAGUA, 2022), meses en los que se lleva a cabo las etapas de desarrollo y madurez de la uva. Se conoce que, las temperaturas tienen incidencia sobre la fenología y madurez de las uvas (Gris et al., 2010).

Asimismo, el cambio climático afecta con incremento las temperaturas y la fisiología de la vid (Jones & Web, 2010), ya que se ha observado en investigaciones previas, que a partir de temperaturas de 35 °C, la síntesis de azúcares puede incrementar, sin embargo, a partir de los 37 °C, la síntesis de estos y otros metabolitos responsables del color, aroma y acidez disminuyen (Sierra-Goldberg, 2010; Ferrer et al., 2011), el cambio climático ha demostrado que las temperaturas van en aumento y estas tienen efecto en la acumulación de potasio en la vid por lo tanto las uvas sintetizan altas cantidades de azúcares con baja acidez y pH alto (De Orduna, 2010).

Por otro lado, las altas temperaturas son responsables de disminuir la síntesis de polifenoles que entre muchos aspectos proporcionan algunas características organolépticas como el color e incluso aromas, finalmente en conjunto esto incide en la obtención de vinos con alto grado alcohólico, baja acidez, menor coloración, además de pobre expresión aromática (De Orduna, 2010; Jordão et al., 2015; Van Leeuwen & Darriet, 2016; Nistor et al., 2018; Ubeda et al., 2020). Por otro lado, en el estudio se encontró que la cuarta parte de la extensión vitícola del estado, se encuentra distribuida en regiones como Guerrero, Namiquipa, Cuauhtémoc y Santa Isabel, correspondientes a zonas Winkler I, II y III, donde los climas son de muy frescos a templados, previamente se ha encontrado que temperaturas nocturnas entre 9 a 14 °C, son necesarias para mayor síntesis de antocianinas (De Orduna, 2010), estas características climáticas las poseen las regiones antes mencionadas, por lo tanto la calidad de las uvas pudieran ser de mayor acidez, coloración y expresión aromática que las producidas en las regiones cálidas del estado.

Por otro lado, los cálculos realizados para determinar la producción de las diferentes regiones estudiadas mostraron de manera lógica que entre mayor extensión de viñedos mayor producción, pero las regiones de Aldama, Namiquipa y Cuauhtémoc no mostraron

ese comportamiento, especialmente Cuauhtémoc la cual, a pesar de contar con menor extensión de viñedos en comparación que Aldama y Namiquipa. Fue en la región de Cuauhtémoc donde se observó mayor rendimiento, esto puede atribuirse la investigación que se realizan por investigadores de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, donde se ha demostrado también incrementos en aspectos de calidad en los frutos como color, firmeza y aromas (Maya-Meraz et al., 2020; Maya-Meraz et 2023).

Por lo tanto, es importante que, en otras regiones se realice investigación, principalmente, para evaluar soluciones ante el cambio climático con impactos negativos en la calidad de la uva (Jones & Web, 2010).

Al analizar el número de variedades en el estado, se observó que la región de Chihuahua, con zona Winkler IV, cuenta con el mayor número de variedades blancas y tintas. Mientras que las regiones de Guerrero, Cuauhtémoc, Namiquipa y Santa Isabel, zonas frescas con escalas Winkler I, II y III, no se observó mucha variedad de uva blanca y medianamente de tinta, a pesar de que se sabe que zonas más frescas, permiten obtener una mayor acidez y expresión de aromas en las uvas para vinos blancos (Fisher, 2007; De Orduna, 2010; Rice et al., 2019), y que temperaturas frescas incrementan la síntesis de antocianinas, metabolitos responsables del color de variedades tintas (Zhuang et al., 2014; Scharfetter et al., 2019). Se esperaba mayor número de variedades tanto tintas como blancas en estas regiones, por lo tanto, se sugiere a futuro incrementar ambas variedades en las regiones más frescas del estado como zonas Guerrero, Cuauhtémoc y Namiquipa.

De las diez variedades de uva tinta y las ocho blancas que se encuentran distribuidas en el territorio chihuahuense, es interesante mencionar que las variedades Cabernet Sauvignon, Malbec y Shiraz, son las que más se han adaptado en las distintas regiones analizadas, desde las zonas frescas hasta las cálidas.

Así mismo, la uva blanca Chardonnay, ha sido la variedad que más se ha adaptado a las distintas condiciones climáticas. Sin embargo, cabe resaltar que la uva tinta de la variedad Pinot Noir, se cultiva en regiones como Chihuahua, Santa Isabel y López, regiones con zonas Winkler IV y V, podrían producir a futuro uva de baja calidad, si bien es correcto investigar el comportamiento de esta variedad en regiones cálidas en el estado, se sabe que es una variedad que desarrolla su potencial enológico en climas de muy fríos a fríos (Jones et al., 2012). Según investigaciones previas, podría dar excelentes resultados en regiones de Guerrero, Namiquipa y Cuauhtémoc, zonificadas con escalas Winkler I y II. En contraste,

climas cálidos similares a las regiones de Chihuahua y López, pudieran no son la mejor opción para esta variedad, debido a que se ha demostrado en investigaciones previas, que temperaturas cálidas en la variedad Pinot Noir, inhibe la síntesis de antocianinas y da origen a vinos con pobre coloración, además de baja expresión aromática (Nicholas et al., 2011; De Rosas et al., 2022).

Por otro lado, se observó que las variedades blancas se encuentran en mayor cantidad en las zonas cálidas del estado, este clima, contribuye a una buena acumulación de azúcares en la uva, pero impacta negativamente para la expresión de aromas y acidez en sus vinos, excepto a la variedad Trebbiano, encontrada de manera correcta establecida en Delicias, ya que requiere altas cantidades de azúcares debido a que se emplea para elaboración de coñac (Lurton et al., 2012; Tarko et al., 2014; Slegers et al., 2017; Thibaud et al., 2020; Ma et al., 2021).

En cuanto a las variedades Riesling y Moscatel establecida en las regiones de Delicias, Chihuahua, Satevó, Namiquipa y Guerrero, se observa que estas variedades se adaptan mejor en regiones frescas como Guerrero y Namiquipa, esto debido a que incrementa la síntesis de terpenos responsables de su aroma, se desarrollan mejor en climas fríos al igual que la variedad Moscatel (Matarese et al., 2014; Lu et al., 2022). Además, la variedad Gewürztraminer, es la que requiere climas más fríos en comparación con las demás (Jones et al., 2012). Sin embargo, se debe puntualizar, que además de estar establecida en zonas frías, también se cultiva en regiones con escalas Winkler IV y V, como Satevó, Chihuahua y Delicias, bajo estas condiciones, los vinos de las regiones cálidas, tendrán menos expresión aromática que las cultivadas en las zonas frías de acuerdo con estudios de cambio climático en esta variedad (Ferretti & Febbroni, 2022).

CONCLUSIONES

La investigación realizada muestra la actualización de la superficie plantada y la producción estimada de uva blanca y tinta para vino, así como el número y nombre de las variedades más cultivadas en las distintas regiones del estado de Chihuahua. Las regiones cálidas tienen la mayor superficie plantada, producción estimada y número de variedades cultivadas de uva tinta y blanca del territorio. Sin embargo, la variedad Pinot Noir, encontrada, no está recomendada para zonas cálidas y se debe considerar más en regiones frescas del estado, para maximizar su potencial enológico, de manera similar, se debe considerar incrementar variedades blancas como la Gewürztraminer, Riesling y

Moscatel, en zonas frescas en lugar de las cálidas, ya que tendrían mayor expresión aromática y acidez, de lo contrario el cambio climático, pudiera incidir con menor acumulación de acidez e incluso acumulación de azúcares, por lo tanto es fundamental estudiar previamente las variedades antes de tomar la decisión de su establecimiento.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCyT) por la beca de maestría otorgada al estudiante Diego Iván Alvarado-Murillo, así como a los productores de uva para vino del estado de Chihuahua por la información proporcionada.

Conflicto de interés

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

REFERENCIAS

- Amerine, M. A. & Winkler, A. J. (1974). Composition and quality of musts and wines of California grapes. *Hilgardia*, 6, 493-673.
- Civit, B., Piastrellini, R., Curadelli, S., & Arena, A. P. (2018). The water consumed in the production of grapes for vinification (*Vitis vinifera*). Mapping the blue and green water footprint. *Ecological indicators*, 85, 236-243.
- Consejo Mexicano Vitivinícola. (2023). Un país, 15 estados vitivinícolas. Recuperado de: <https://uvayvino.org.mx/>
- Dami, I. (2006). Methods of Crop Estimation in Grapes. The Ohio State University. Recuperado de: <http://www.oardc.ohiostate.edu/grapeweb/OGEN/07262006/CropEstimation06.pdf>.
- De Orduna, R. M. (2010). Climate change associated effects on grape and wine quality and production. *Food Research International*, 43(7), 1844-1855.
- De Rosas, I., Deis, L., Baldo, Y., Cavagnaro, J. B., & Cavagnaro, P. F. (2022). High temperature alters anthocyanin concentration and composition in grape berries of Malbec, Merlot, and Pinot Noir in a cultivar-dependent manner. *Plants*, 11(7), 926.
- Ferrer, M., González-Neves, G., Echeverría, G., Camussi, G., Avondet, R., Salvarrey, J., Favre, G., & Fourment, M. (2011). Comportamiento agronómico y potencial

enológico de la uva Tannat en tres regiones climáticas uruguayas. *Agrociencia (Uruguay)*, 15(1), 37-49.

- Ferretti, C. G., & Febbroni, S. (2022). Terroir Traceability in Grapes, Musts and Gewürztraminer Wines from the South Tyrol Wine Region. *Horticulturae*, 8(7), 586.
- Fischer, U. (2007.). Wine Aroma. En *Flavours and Fragrances* (pp. 241–267). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-540-49339-6_11
- Guerra, A.N.S., Triana, J.M., & Flores, J.L. R. (2022). Economía agrícola ambiental del agua usada en la producción a cielo abierto y con destino al mercado nacional del cultivo durazno (*Prunus pérsica* L). producido en Chihuahua, México *Revista foso*, 15(4), 1-25.
- Gris, E. F., Burin, V. M., Brighenti, E., Vieira, H., & Bordignon-Luiz, M. T. (2010). Fenología y maduración de las variedades de *Vitis vinifera* L. de uva en São Joaquim, sur de Brasil: una nueva región de cultivo de la vid en América del Sur. *Ciencia e investigación agraria*, 37(2), 61-75.
- INEGI (2018). Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Mapa de Chihuahua División Municipal. México, Ciudad de México. Recuperado de: https://cuentame.inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades/div_municipal/chih.pdf
- Jones, G. V., & Webb, L. B. (2010). Climate change, viticulture, and wine: challenges and opportunities. *Journal of Wine Research*, 21(2-3), 103-106.
- Jones, G. V., Reid, R., & Vilks, A. (2012). Climate, grapes, and wine: structure and suitability in a variable and changing climate. *The geography of wine: Regions, terroir and techniques*, 109-133.
- Jordão, A. M., Vilela, A., & Cosme, F. (2015). From sugar of grape to alcohol of wine: Sensorial impact of alcohol in wine. *Beverages*, 1(4), 292-310.
- Lu, H. C., Chen, W. K., Wang, Y., Bai, X. J., Cheng, G., Duan, C. Q., & He, F. (2022). Effect of the seasonal climatic variations on the accumulation of fruit volatiles in four grape varieties under the double cropping system. *Frontiers in plant science*, 12, 1-15.
- Lurton, L., Ferrari, G., & Snakkers, G. (2012). Cognac: production and aromatic characteristics. In *Alcoholic Beverages*. Woodhead Publishing, 242-266. Doi:10.1533/9780857095176.3.242
- Ma, Y., Xu, Y., & Tang, K. (2021). Aroma of icewine: A review on how environmental, viticultural, and oenological factors affect the aroma of icewine. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(25), 6943-6957.

- Matarese, F., Cuzzola, A., Scalabrelli, G., & D'Onofrio, C. (2014). Expression of terpene synthase genes associated with the formation of volatiles in different organs of *Vitis vinifera*. *Phytochemistry*, 105, 12-24.
- Maya-Meraz, I. O., Ornelas-Paz, J. D. J., Pérez-Martínez, J. D., Gardea-Béjar, A. A., Ríos-Velasco, C., Ruiz-Cruz, S., & Virgen-Ortiz, J. J. (2023). Foliar application of CaCO₃-Rich industrial residues on 'Shiraz' vines improves the composition of phenolic compounds in grapes and aged wine. *Foods*, 12(8), 1-13.
- Maya-Meraz, I. O., Pérez-Leal, R., Ornelas-Paz, J. J., Jacobo-Cuéllar, J. L., Rodríguez-Roque, M. J., Yáñez-Muñoz, R. M., & Cabello-Pasini, A. (2020). Effect of calcium carbonate residues from cement industries on the phenolic composition and yield of Shiraz grapes. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(1), 1-11.
- Meraz-Ruiz, L. (2013). La trascendencia histórica de la zona vitivinícola de Baja California. *Multidisciplina*, 16, 68-87.
- Nicholas, K. A., Matthews, M. A., Lobell, D. B., Willits, N. H., & Field, C. B. (2011). Effect of vineyard-scale climate variability on Pinot noir phenolic composition. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(12), 1556-1567.
- Nistor, E., Dobrei, A. G., Dobrei, A., & Camen, D. (2018). Growing season climate variability and its influence on sauvignon Blanc and Pinot gris berries and wine quality: Study case in Romania (2005-2015). *South African Journal of Enology and Viticulture*, 39(2), 196-207.
- OIV (2022). Organización Internacional de la Viña y el Vino. Base de datos estadísticos. Recuperado de: <https://www.oiv.int/es/what-we-do/data-discovery-report?oiv>
- Ojeda-Barrios, D. L., Rodríguez-Andujo, A., López-Ochoa, G. R., Leyva-Chávez, A. N., & García-Muñoz, S. A. (2012). Aspectos a considerar por los viticultores de Chihuahua en la nutrición de vid para vino. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2), 77-83.
- Ramírez Legarreta, M. R., Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., Jacobo Cuéllar, J. L., Parra Quezada, R. Á., Ávila Marioni, M. R., & Amado Álvarez, J. P. (2011). Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(2), 265-279.
- Rice, S., Turumbayeva, M., Clark, M., Greenlee, D., Dharmadhikari, M., Fennell, A., & Koziel, J. A. (2019). Effects of harvest time on the aroma of white wines made from cold-hardy brianna and frontenac gris grapes using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry. *Foods*, 8(1), 29.

- Scharfetter, J., Workmaster, B. A., & Atucha, A. (2019). Preveraison leaf removal changes fruit zone microclimate and phenolics in cold climate interspecific hybrid grapes grown under cool climate conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, 70(3), 297-307.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Se reincorpora México a la Organización Internacional de la Viña y el Vino. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-reincorpora-mexico-a-la-organizacion-internacional-de-la-vina-y-el-vino>
- Sierra-Goldberg, H.P. (2010). Zonificación de vid (*Vitis vinifera* L.) en distintas localidades de Chihuahua. *Fundación Chile*. 1-59.
- SIAP. (2022). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Reporte técnico. Producción de uva en México 2022. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/771603/Produccion_Uva_en_Mexico.pdf
- Slegers, A., Angers, P., & Pedneault, K. (2017). Volatile compounds from must and wines from five white grape varieties. *J. Food Chem. Nanotechnol*, 3(1), 8-17.
- SNM-CONAGUA (2022). Servicio Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua. Resúmenes mensuales de temperaturas y lluvias (temperaturas máximas de Chihuahua). Recuperado de: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Tarko, T., Duda-Chodak, A., Satora, P., Sroka, P., & Gojniczek, I. (2014). Chemical composition of cool-climate grapes and enological parameters of cool-climate wines. *Fruits*, 69(1), 75-86.
- Thibaud, F., Courregelongue, M., & Darriet, P. (2020). Contribution of volatile odorous terpenoid compounds to aged cognac spirits aroma in a context of multicomponent odor mixtures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(47), 13310-13318.
- Ubeda, C., Hornedo-Ortega, R., Cerezo, A. B., Garcia-Parrilla, M. C., & Troncoso, A. M. (2020). Chemical hazards in grapes and wine, climate change and challenges to face. *Food Chemistry*, 314, 126222.
- Van Leeuwen, C., & Darriet, P. (2016). The impact of climate change on viticulture and wine quality. *Journal of Wine Economics*, 11(1), 150-167.
- Zhuang, S., Tozzini, L., Green, A., Acimovic, D., Howell, G. S., Castellarin, S. D., & Sabbatini, P. (2014). Impact of cluster thinning and basal leaf removal on fruit quality

of Cabernet Franc (*Vitis vinifera* L.) grapevines grown in cool climate conditions.
HortScience, 49(6), 750-756.