INFORME

El cambio climático y la viticultura mundial

08/07/2025

Resumen Ejecutivo

La industria vinícola mundial se encuentra en un precipicio, enfrentando un cambio de paradigma impulsado por el cambio climático antropogénico. Este informe proporciona un análisis exhaustivo de los impactos multifacéticos de un mundo en calentamiento sobre la viticultura, ofreciendo una hoja de ruta estratégica para los actores que navegan esta transformación. Los impulsores centrales —el aumento de las temperaturas, la alteración de los patrones de precipitación y una frecuencia creciente de fenómenos meteorológicos extremos— están reescribiendo fundamentalmente las reglas biofísicas que han gobernado la vinificación durante siglos.

El principal impacto científico es una alteración sistémica de la fenología de la vid y la composición de la uva. Los ciclos de crecimiento acelerados están adelantando las vendimias a nivel mundial en varias semanas, creando una "paradoja de las heladas" crítica donde un desborre más temprano aumenta la vulnerabilidad a las heladas tardías de primavera, lo que lleva a pérdidas catastróficas de rendimiento en regiones venerables como Borgoña y Champaña. En la bodega, esto se traduce en una crisis de composición: las uvas presentan consistentemente niveles más altos de azúcar y más bajos de acidez, lo que resulta en vinos con un grado alcohólico elevado y una pérdida de frescura. Más profundamente, el desacoplamiento de la madurez del azúcar con la madurez fenólica y aromática obliga a los enólogos a un dilema estratégico, amenazando la tipicidad y la identidad misma de los estilos regionales icónicos desde Burdeos hasta la Toscana.

Esta alteración biofísica está redibujando el mapa vitícola del mundo. Se está

produciendo una "Gran Inversión" de valor, donde tierras antes marginales a mayores altitudes o latitudes se están convirtiendo en territorio de primera, mientras que los sitios históricamente celebrados enfrentan una idoneidad decreciente. Potencias tradicionales como Burdeos, Napa Valley y la Toscana están lidiando con amenazas existenciales, desde perfiles de vino que alteran su identidad hasta el riesgo omnipresente de incendios forestales y contaminación por humo. Al mismo tiempo, están surgiendo nuevas fronteras con una velocidad notable. El Reino Unido es ahora un formidable productor de vino espumoso, con un clima cada vez más parecido al de Champaña. Escandinavia, la Patagonia y Tasmania están atrayendo una inversión significativa, convirtiéndose en nuevos centros para la producción de vino de alta calidad de clima fresco. Sin embargo, esta expansión geográfica no está exenta de consecuencias, preparando el escenario para futuros conflictos sobre el uso de la tierra y los escasos recursos de agua dulce.

En respuesta, la industria está desplegando un diverso arsenal de estrategias de adaptación. Este informe detalla una cartera completa de soluciones, que abarcan los dominios genético, agronómico, enológico y tecnológico. En el viñedo, esto incluye la plantación de variedades de uva tolerantes al calor y la sequía, la recuperación de cultivares antiguos, la implementación de prácticas de agricultura regenerativa como los cultivos de cobertura para mejorar la salud del suelo y la retención de agua, y el despliegue de sofisticadas técnicas de gestión de la canopia. En la bodega, se están utilizando innovaciones en la fermentación con levaduras no *Saccharomyces* y tecnologías de ajuste del alcohol post-fermentación para corregir desequilibrios. Sustentando estos esfuerzos hay una revolución tecnológica en la viticultura de precisión, donde drones, sensores e inteligencia artificial proporcionan datos sin precedentes para optimizar la gestión de recursos y mitigar riesgos.

Críticamente, el análisis revela que la sostenibilidad ya no es una preocupación de nicho, sino un pilar central de la viabilidad económica. Las prácticas que mejoran la resiliencia —como mejorar la salud del suelo, conservar el agua y reducir los insumos— están convergiendo con una estrategia empresarial sólida, ofreciendo un camino hacia la gestión ambiental y la rentabilidad a largo plazo.

El informe concluye con una perspectiva estratégica, examinando las profundas implicaciones económicas, culturales y de mercado de esta nueva realidad. Aborda los crecientes costes de producción, el desafío a los rígidos sistemas de denominación de origen y la influencia de las preferencias cambiantes de los consumidores hacia la sostenibilidad y los estilos de vino más ligeros. Se proporcionan recomendaciones prácticas para los actores clave: los productores deben adoptar una cartera diversificada de estrategias de resiliencia; los reguladores

deben incorporar flexibilidad en las leyes de denominación de origen para permitir la adaptación; y los inversores deben reevaluar los modelos de riesgo para identificar oportunidades en regiones emergentes y tecnologías habilitadoras. El futuro del vino no es de extinción, sino de profunda transformación, diversificación e innovación. El éxito pertenecerá a aquellos que sean ágiles, con visión de futuro y que reconozcan que el intrincado equilibrio entre ciencia, tradición y sostenibilidad define el terroir del siglo XXI.

Sección 1: El Desmoronamiento del Terroir: Los Impactos Biofísicos de un Mundo en Calentamiento

La relación entre una vid y su entorno —la esencia del terroir— es exquisitamente sensible. El clima es la variable dominante en esta ecuación, dictando el ritmo de la vida de la vid y la química final de su fruto.[1] Durante siglos, los viticultores han dominado sus climas locales, seleccionando variedades de uva y desarrollando prácticas vitícolas para lograr un delicado equilibrio. El cambio climático está ahora desmoronando sistemáticamente este equilibrio tan duramente conseguido. Los impulsores fundamentales de esta alteración son el aumento de las temperaturas globales, los patrones de precipitación fundamentalmente alterados y un marcado aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos.[2] Estas no son amenazas futuras abstractas; son realidades medibles que están remodelando activamente los viñedos desde el nivel celular hasta el paisaje regional, forzando una reevaluación completa de cómo se cultiva y se elabora el vino de calidad.

1.1 La Vid Acelerada: Fenología Adelantada y sus Consecuencias

El impacto más consistente y documentado a nivel mundial del aumento de las temperaturas en la viticultura es la aceleración de la fenología de la vid, es decir, el calendario de las etapas del ciclo de vida anual de la planta.[1] La mayor acumulación térmica, medida en métricas como los Grados Día de Crecimiento (GDD), actúa como un botón de avance rápido en el reloj interno de la vid, comprimiendo el tiempo que tarda en pasar de la dormancia al desborre, la floración, el envero (el inicio de la

maduración) y, finalmente, la vendimia.[5]

Esta tendencia es marcada e inequívoca. Desde la década de 1980, las fechas de vendimia en regiones europeas históricamente de clima fresco han avanzado drásticamente. En Alsacia y Burdeos, las vendimias ahora ocurren, en promedio, de dos a tres semanas antes que hace solo cuatro décadas.[1] El cambio es aún más pronunciado en climas mediterráneos más cálidos como Châteauneuf-du-Pape, donde las vendimias se han adelantado aproximadamente cuatro semanas.[4] Un estudio a largo plazo en la región de Trentino, en el norte de Italia, de 1986 a 2022, documentó un asombroso adelanto de todas las etapas fenológicas de 20 a 30 días, con la vendimia de Chardonnay pasando de mediados de septiembre a finales de agosto.[5] Los modelos predictivos sugieren que esta aceleración continuará; se proyecta que la floración en Burdeos, por ejemplo, será hasta 30 días antes a finales del siglo XXI en comparación con la línea de base de finales del siglo XX.[1]

Aunque una temporada de crecimiento más larga y cálida se vio inicialmente como un beneficio, permitiendo una maduración más consistente en climas marginales, las consecuencias de este calendario acelerado se están revelando complejas y a menudo peligrosas.[8] Destacan dos consecuencias principales: la "paradoja de las heladas" y la compresión de la ventana de maduración en la parte más calurosa del verano.

La paradoja de las heladas representa una de las amenazas económicas más agudas para la viticultura moderna. Aunque las temperaturas medias de invierno y primavera están aumentando, la fecha de la última helada de primavera no avanza tan rápido como la fecha del desborre.[5] Esto crea una ventana de vulnerabilidad cada vez mayor en la que los brotes y yemas tiernos recién emergidos están expuestos a olas de frío potencialmente devastadoras.[2] El fenómeno ha sido responsable de pérdidas catastróficas de cosecha en algunas de las regiones más prestigiosas del mundo. En los últimos años, Borgoña, Champaña y Alsacia han sufrido daños inmensos por heladas tardías de primavera, con algunos productores perdiendo la mayor parte de su cosecha en una sola noche.[2] En 2021, la cosecha total de uva de Francia fue la más pequeña en 40 años, una "catástrofe agrícola" atribuida en gran parte a las heladas, que resultó en pérdidas estimadas en hasta 2 mil millones de euros.[11] Este resultado contraintuitivo —donde un mundo en calentamiento aumenta el riesgo de daños por frío— resalta los peligros de centrarse en los cambios de temperatura promedio en lugar de la mayor volatilidad y los cambiantes riesgos estacionales que definen la nueva realidad climática.

Simultáneamente, el calendario fenológico adelantado desplaza el período crítico de

maduración de la uva (desde el envero hasta la vendimia) de los días más suaves de finales de verano y principios de otoño al pico de calor de julio y agosto en el hemisferio norte.[4] Esto significa que los delicados procesos bioquímicos que crean sabor, aroma y color ahora ocurren en condiciones ambientales fundamentalmente diferentes y, a menudo, más estresantes que aquellas para las que se seleccionaron las variedades de uva tradicionales de la región. Este cambio es un impulsor principal de los profundos cambios que se observan en la composición de la uva y, en última instancia, en el estilo del vino.

1.2 La Química de una Uva más Cálida: Un Nuevo Equilibrio

El entorno térmico alterado del período de maduración está desencadenando una cascada de cambios químicos dentro de la baya de la uva, alterando sistemáticamente el intrincado equilibrio de azúcares, ácidos y metabolitos secundarios que define un vino de calidad. Si bien el calentamiento inicial a menudo mejoró la calidad del vino en las regiones más frías al garantizar una maduración completa, los continuos aumentos de temperatura están llevando a las uvas más allá de un umbral óptimo, lo que conduce a una composición desequilibrada y amenaza la tipicidad de los estilos de vino establecidos.[4]

El Desequilibrio Azúcar-Ácido

El cambio químico más inmediato y ampliamente reconocido es la alteración de la relación azúcar-ácido. Las temperaturas más altas durante la temporada de crecimiento aceleran directamente la fotosíntesis y la acumulación de azúcar en las bayas.[1] Al mismo tiempo, el calor aumenta la velocidad a la que la vid metaboliza, o "respira", el ácido málico, uno de los dos ácidos principales en las uvas.[1] Esto conduce a un doble efecto: las uvas llegan a la bodega con significativamente más azúcar y significativamente menos ácido.

Este desequilibrio tiene profundas consecuencias para el vino final. El mayor contenido de azúcar fermenta en niveles de alcohol más altos, una tendencia observada a nivel mundial. En regiones como Languedoc, Burdeos y Napa Valley, los niveles promedio de alcohol han subido de un tradicional 12,5-13,5% a más del 14% o incluso 15% en muchas añadas modernas.[3] Aunque deseable para algunos estilos, un alcohol excesivamente alto puede crear vinos que se perciben como "cálidos", pesados o desequilibrados, enmascarando aromas delicados e interrumpiendo el

potencial de maridaje.[4]

Simultáneamente, la pérdida de acidez resulta en un pH más alto. Los vinos con un pH más alto pueden ser percibidos por algunos consumidores como más redondos o dulces, pero cuando la acidez cae demasiado, los vinos se vuelven "flácidos", "planos" o carentes de la frescura y vitalidad que es crucial para la estructura y la longevidad.[4] Además, un pH alto plantea un desafío técnico significativo en la bodega. Reduce la eficacia del dióxido de azufre (

SO2), el principal conservante utilizado en la vinificación, y crea un ambiente más favorable para microbios de deterioro como *Brettanomyces bruxellensis*, que pueden impartir aromas indeseables a "corral" o medicinales.[4] Para garantizar la estabilidad microbiológica, los enólogos deben usar adiciones más grandes, y a menudo menos deseables, de

SO2.

El Cambio Aromático y Fenólico: Desacoplando la Madurez

Un desafío más matizado y quizás más crítico para la producción de vino premium es el "desacoplamiento" de diferentes formas de madurez. Históricamente, la madurez del azúcar (la acumulación de azúcares) ocurría en relativa sincronía con la madurez fenólica (el desarrollo de taninos y compuestos de color en los hollejos) y la madurez aromática (la síntesis de precursores de sabor). El cambio climático está rompiendo esta sincronía.[8] Las uvas ahora a menudo alcanzan altos niveles de azúcar y alcohol potencial mucho antes de que sus taninos se hayan suavizado y sus compuestos de sabor característicos se hayan desarrollado por completo.

Este desacoplamiento obliga a un dilema estratégico en la vendimia, la decisión más crítica de la añada. Un enólogo puede optar por vendimiar temprano, basándose en los niveles de azúcar y ácido, para lograr un nivel de alcohol equilibrado pero arriesgándose a capturar sabores "verdes", inmaduros o vegetales. Alternativamente, puede esperar la madurez fenólica y aromática completa ("tiempo de colgado") y aceptar las consecuencias del exceso de azúcar, alto alcohol y baja acidez.[1] Esto no es simplemente un problema técnico; altera fundamentalmente la identidad del vino. Los estilos clásicos y reconocibles de muchas regiones se basan en una madurez equilibrada, un equilibrio que se está volviendo cada vez más difícil de lograr.

Esta crisis de identidad es evidente en los cambios específicos en los compuestos aromáticos y fenólicos, como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1: Impactos Clave del Cambio Climático en las Características de la Uva y el Vino

Impulsor Climático	Impacto en la Composición de la Uva	Impacto Resultante en el Perfil del Vino
Aumento de Temperatura	**Mayor Acumulación de Azúcar:** La fotosíntesis acelerada conduce a niveles más altos de glucosa y fructosa en las bayas.[1]	**Mayor Grado Alcohólico:** Aumento del contenido de alcohol potencial y final, a menudo superando el 14-15% vol. Puede llevar a una sensación en boca "cálida" o pesada.[4]
	Menor Ácido Málico: Aumento de la respiración y degradación del ácido málico.[1]	**Menor Acidez / Mayor pH:** Los vinos pueden carecer de frescura y estructura, pareciendo "flácidos" o "planos". Reducción del potencial de envejecimiento.[13]
	Reducción de Antocianinas: Las altas temperaturas (>35°C) pueden inhibir la síntesis de compuestos de color en las uvas tintas.[1]	**Peor Color:** Menor intensidad y estabilidad del color en los vinos tintos.
	Precursores de Aroma Alterados: La temperatura afecta la concentración de compuestos aromáticos clave.	**Perfil de Sabor Alterado:** Alejamiento de la "tipicidad" regional.
	• *Disminución* de Metoxipirazinas (IBMP).[4]	• *Menos* notas de "pimiento" o "herbáceas" en las uvas de la familia Cabernet.
	• *Disminución* de Rotundona.[4]	• *Menos* carácter "pimentado" en Syrah.
	• *Aumento* de TDN.[4]	• *Más* notas de "petróleo" o queroseno en Riesling.
	• *Aumento* de compuestos como la Lactona de Massoia.[4]	• *Más* aromas a "fruta cocida", "mermelada" o "compota", especialmente en

		fruta sobremadura.
Déficit Hídrico	**Bayas más Pequeñas:** La menor absorción de agua conduce a un tamaño de baya más pequeño.[1]	**Mayor Concentración:** Una mayor relación hollejo-zumo puede aumentar la concentración de taninos, color y sabor.
	Aumento de Fenoles del Hollejo: El estrés moderado puede aumentar el contenido de taninos y antocianinas.[4]	**Estructura Mejorada (Tintos):** Puede mejorar la estructura y el potencial de envejecimiento en vinos tintos. A menudo asociado con añadas de alta calidad en regiones como Burdeos.[13]
	Reducción de Precursores de Tioles Volátiles: El estrés severo puede reducir los precursores de aromas tropicales/cítricos en uvas como Sauvignon Blanc.[4]	**Aromas Alterados en Vinos Blancos:** Puede llevar a perfiles aromáticos menos expresivos en ciertos vinos blancos.
Calor Extremo / Quemaduras Solares	**Marchitamiento y Deshidratación de la Baya:** Daño directo a las células de la baya por calor >40°C o radiación solar intensa.[19]	**Sabores Atípicos:** Desarrollo de sabores a "quemadura solar", "cocido" o pasificado. Pérdida de rendimiento.[21]

La alteración sistemática de estos componentes químicos básicos significa que el cambio climático no es solo una amenaza para la *calidad* del vino, sino para la *identidad* del vino. Un Burdeos que consistentemente sabe a fruta compotada con alto grado alcohólico y baja acidez ya no es, por definición, un Burdeos clásico.[11] Un Riesling alemán que pierde su acidez quintaesencial, casi cortante, es una bebida completamente diferente.[16] Esta erosión de la tipicidad plantea un desafío existencial al marco legal y cultural de las denominaciones de origen, que se basan en la idea de un estilo de vino estable y reconocible vinculado a un lugar específico.[23]

1.3 Los Factores de Estrés Agravantes: Sequía, Clima Extremo e Incendios Forestales

Los desafíos del aumento de las temperaturas y la alteración de la química de la uva rara vez se presentan de forma aislada. A menudo se ven agravados por un trío de factores de estrés relacionados que impactan directamente en la salud de la vid, el rendimiento y la viabilidad económica: la sequía, los fenómenos meteorológicos extremos y el creciente espectro de los incendios forestales.

Escasez de Agua y Sequía

Junto con el aumento del calor, muchas de las principales regiones vinícolas del mundo están experimentando períodos de sequía más frecuentes, prolongados e intensos.[3] Esto se debe a una combinación de menores precipitaciones estivales y mayores tasas de evapotranspiración del dosel de la vid a medida que aumentan las temperaturas.[5] El estrés hídrico impacta directamente en la fisiología de la vid al reducir la fotosíntesis, atrofiar el crecimiento de los brotes y dar lugar a bayas más pequeñas, todo lo cual contribuye a menores rendimientos.[1]

La relación entre el estrés hídrico y la calidad del vino es matizada. Un déficit hídrico leve a moderado, particularmente después del envero, puede ser muy beneficioso para la calidad del vino tinto. Al limitar el crecimiento vegetativo, la vid dirige más recursos al fruto, y las bayas más pequeñas dan como resultado una mayor proporción de hollejo a pulpa, concentrando taninos, color y compuestos de sabor.[4] De hecho, muchas de las mejores añadas históricas de Burdeos se han caracterizado por veranos secos.[13] Sin embargo, este beneficio tiene un punto de inflexión. El estrés hídrico severo se vuelve perjudicial, deteniendo por completo la fotosíntesis, impidiendo que las uvas maduren y, en casos extremos, amenazando la supervivencia a largo plazo de la propia vid.[18]

Fenómenos Meteorológicos Extremos

Más allá del calentamiento gradual, el cambio climático está aumentando la frecuencia y la gravedad de los fenómenos meteorológicos agudos y de alto impacto.[2] Las olas de calor, donde las temperaturas se disparan por encima de los 35-40°C (95-104°F) durante días consecutivos, pueden tener efectos devastadores. Este calor extremo puede detener la fotosíntesis, interferir con la fertilización de las flores en la floración (reduciendo el cuajado del fruto) y causar quemaduras solares directas en los racimos de uva expuestos, lo que lleva a bayas arrugadas con sabores cocidos e indeseables.[19]

Por el contrario, los eventos de precipitación excesiva, particularmente cuando ocurren cerca de la vendimia, presentan otro riesgo importante. Las lluvias intensas

pueden hacer que las bayas se hinchen y se partan, diluyendo su contenido y creando puntos de entrada para enfermedades fúngicas como la botritis (podredumbre gris) y el mildiu o el oídio, que prosperan en condiciones de humedad.[26] Las tormentas de granizo destructivas, capaces de destrozar las canopias y destruir una cosecha entera en minutos, también se están convirtiendo en una ocurrencia más común en regiones desde Borgoña hasta Australia.[3]

El Espectro de los Incendios Forestales

Quizás la amenaza más visceral y de rápida escalada, particularmente para las regiones con climas mediterráneos como California, Australia, Chile y partes del sur de Europa, es el incendio forestal.[2] El peligro es doble. Primero está el riesgo directo de destrucción, donde los incendios pueden incinerar viñedos enteros, bodegas e infraestructura crítica, como se vio en Napa Valley en 2017 y 2020 y en Chile en 2017.[14]

La segunda amenaza, más insidiosa y generalizada, es la contaminación por humo. Incluso cuando los viñedos no están directamente en el camino de un incendio, las uvas pueden absorber compuestos fenólicos volátiles presentes en el humo de los incendios forestales.[14] Estos compuestos se unen a los azúcares dentro de la uva y a menudo son inodoros e insípidos en la fruta fresca. Sin embargo, durante la fermentación y el envejecimiento, estos enlaces se rompen, liberando los fenoles e impartiendo aromas y sabores indeseables a ceniza, humo, tocino o medicina en el vino terminado.[33] Un solo evento de humo generalizado puede hacer que la cosecha de toda una región sea comercialmente inutilizable, como fue el caso de gran parte de la cosecha de Cabernet Sauvignon de Napa en 2020, lo que provocó pérdidas económicas de miles de millones de dólares.[14] La imprevisibilidad de la deriva del humo y la dificultad para evaluar el riesgo de contaminación antes de la fermentación lo convierten en uno de los peligros relacionados con el clima más desafiantes y financieramente ruinosos que enfrenta la industria vinícola moderna.[33]

Sección 2: Un Nuevo Atlas Vitícola: Fortunas y Peligros Regionales

Los impactos biofísicos del cambio climático no son uniformes; se manifiestan como una redistribución dramática y acelerada de la idoneidad vitícola en todo el mundo.

Esto está creando un nuevo mapa mundial del vino, caracterizado por una marcada divergencia de fortunas. Regiones venerables y soleadas que han definido la calidad durante siglos se enfrentan ahora a amenazas existenciales para su identidad y viabilidad económica. Simultáneamente, territorios más fríos, antes marginales, están emergiendo de la periferia para convertirse en las nuevas fronteras de la producción de vino de primera calidad. Esta reconfiguración geográfica está desencadenando una "Gran Inversión" del valor vitícola, donde laderas desafiantes y de gran altitud se convierten en activos preciados y países enteros, antes considerados no aptos para la viticultura, atraen inversiones de primer nivel. Esta sección ofrece un análisis comparativo de estos iconos amenazados y fronteras emergentes, ilustrando la profunda transformación del paisaje global.

Tabla 2: Cambio en la Idoneidad Vitícola Global: Historia de Dos Climas

Categoría	Región	Desafíos / Oportunidades Climáticas Principales	Variedades de Uva Clave (Tradicionales vs. Nuevas/Experimentales)	Enfoque Principal de Adaptación
Regiones Tradicionales Amenazadas	**Burdeos, Francia**	Estrés por calor, alto grado alcohólico en Merlot, heladas de primavera, clima extremo.[11]	*Tradicionales:* Merlot, Cabernet Sauvignon. *Nuevas:* Touriga Nacional, Marselan, Castets.[22]	Diversificación varietal, agricultura regenerativa, agroforestería, investigación.[11]
	Napa Valley, EE. UU.	Incendios forestales catastróficos, contaminación por humo, calor extremo, sequía crónica.[14]	*Tradicionales:* Cabernet Sauvignon, Chardonnay. *Nuevas:* Variedades portuguesas y sudafricanas (experimental).[37]	Mitigación de incendios, gestión avanzada del agua, tecnología de sombreado/refrigeración, investigación sobre contaminación por humo.[29]

	Toscana, Italia	Estrés por calor, pérdida de acidez en Sangiovese, sequía, lluvias extremas/heladas.[39]	*Tradicionales:* Sangiovese, Merlot. *Nuevas:* Enfoque en la selección del sitio sobre nuevas variedades.[42]	Desplazamiento a mayores altitudes, gestión de la canopia, cultivo de secano, agronomía mejorada.[43]
Fronteras Emergentes	**Reino Unido**	La tendencia al calentamiento crea idoneidad para vinos espumosos y tranquilos.[46]	*Establecidas:* Chardonnay, Pinot Noir, Pinot Meunier. *Emergentes:* Sauvignon Blanc, Pinot Gris.[46]	Gestión de la alta variabilidad climática, protección contra heladas, establecimiento de identidad de mercado.[49]
	Escandinavia (Dinamarca, Suecia)	Alargamiento de la temporada de crecimiento, aumento de temperaturas que permite la viticultura.[52]	*Establecidas:* Solaris, Rondo (híbridos PIWI). *Emergentes:* Experimentación con *Vitis vinifera*.[54]	Uso de uvas híbridas resistentes, construcción de infraestructura industrial y mercados de consumo.[52]
	Patagonia (Argentina, Chile)	Latitudes más frías del sur ofrecen refugio del calor de las regiones del norte; grandes oscilaciones diurnas.[56]	*Establecidas:* Pinot Noir, Chardonnay, Malbec.	Gestión de condiciones extremas (viento, heladas), aseguramiento del agua de glaciares en retroceso.[31]
	Tasmania, Australia	El clima marítimo fresco y estable proporciona un refugio del calor y la sequía del continente.[59]	*Establecidas:* Pinot Noir, Chardonnay. *Emergentes:* Shiraz, otras variedades más cálidas posibles en el futuro.[60]	Gestión del creciente riesgo de incendios forestales/humo, adaptación a inviernos más cálidos y posibles heladas.[61]

2.1 Los Iconos Amenazados: Adaptación en Regiones Venerables

Las regiones vinícolas más famosas del mundo están en la primera línea del cambio climático. Su propia identidad, construida sobre siglos de experiencia con variedades de uva específicas en un clima estable, está siendo desafiada. Su respuesta es una combinación de alto riesgo de innovación, cambio regulatorio y un retorno a la antigua sabiduría agrícola.

Estudio de Caso: Burdeos, Francia

Burdeos, el referente mundial del vino de calidad, se enfrenta a una crisis de identidad centrada en su uva angular, la Merlot. Representando más del 60% de las plantaciones de la región, la Merlot es una variedad de maduración temprana que ahora lucha con el clima más cálido. Alcanza la madurez del azúcar demasiado rápido, lo que resulta en vinos con altos niveles de alcohol que carecen de la frescura y el equilibrio característicos del Burdeos clásico.[6] Esto se agrava por un aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, incluyendo devastadoras heladas de primavera en 2017 y 2021, y períodos de intenso calor y sequía.[12]

La respuesta bordelesa ha sido notablemente proactiva y multifacética. En una decisión histórica para una región tan tradicional, el organismo nacional de denominaciones de origen de Francia (INAO) aprobó oficialmente la introducción de seis nuevas variedades de uva en 2021 para las AOC Bordeaux y Bordeaux Supérieur. Estas incluyen cuatro tintas (Arinarnoa, Castets, Marselan y la variedad portuguesa amante del calor Touriga Nacional) y dos blancas (Alvarinho y Liliorila).[11] Aunque su uso está actualmente restringido al 5% de la superficie de viñedo de una propiedad y al 10% de la mezcla final, esto representa un cambio monumental en el pensamiento regulatorio, reconociendo que la paleta tradicional de uvas puede que ya no sea suficiente.[36]

Más allá de la genética, Burdeos está experimentando una revolución silenciosa en el viñedo. La agroecología y la agricultura regenerativa se están adoptando a gran escala. Se estima que el 85% del viñedo de Burdeos utiliza ahora cubiertas vegetales para mejorar la salud del suelo, gestionar el agua y aumentar la biodiversidad.[12] Fincas

de primer nivel como Château Cheval Blanc son líderes en agroforestería, plantando miles de árboles y setos para romper el monocultivo de la vid, crear microclimas más frescos y restaurar el ecosistema.[11] Esto está respaldado por una importante inversión en investigación del Consejo del Vino de Burdeos (CIVB), que financia estudios sobre 52 variedades de uva diferentes y 55 portainjertos distintos para identificar el material vegetal mejor adaptado para el futuro.[22]

Estudio de Caso: Napa Valley, California

La reputación mundial de Napa Valley se basa en el poder y el prestigio de su Cabernet Sauvignon. Aunque la región está lidiando con el aumento del calor y la sequía crónica, su amenaza más aguda y existencial es el incendio forestal.[14] Las temporadas de incendios de 2017 y especialmente 2020 fueron catastróficas. El Incendio de Glass de 2020 no solo destruyó bodegas históricas como Newton Vineyard, sino que, de manera más generalizada, cubrió el valle de humo.[14] La consiguiente contaminación por humo inutilizó la gran mayoría de las uvas tintas del valle, lo que llevó a la pérdida casi total de la cosecha de 2020 para muchos productores y a un impacto económico estimado en más de 2 mil millones de dólares.[30]

La estrategia de adaptación de Napa se centra, por tanto, en gran medida en la resiliencia al fuego y al agua. Se está llevando a cabo un esfuerzo masivo y coordinado entre viticultores, funcionarios del condado y agencias estatales para mejorar la preparación contra incendios. Esto incluye un acuerdo de 64,6 millones de dólares para la preparación ante desastres y la creación de cientos de kilómetros de cortafuegos estratégicos y hábitats nativos gestionados para actuar como barreras contra el fuego.[29]

La gestión del agua es una prioridad de larga data que se ha intensificado con el cambio climático. Los viticultores de Napa son líderes en riego de precisión y deficitario, utilizando un conjunto de tecnologías como sondas de humedad del suelo y sensores de potencial hídrico basados en la planta para aplicar exactamente la cantidad correcta de agua en el momento adecuado, conservando recursos mientras se optimiza la calidad de la uva.[38] Durante las olas de calor, algunas bodegas despliegan soluciones de alta tecnología como mallas de sombreo para proteger la fruta de las quemaduras solares, o nebulizadores y aspersores aéreos para proporcionar refrigeración por evaporación.[37] En la bodega, un foco principal de

investigación es la mitigación de la contaminación por humo a través de métodos como la aplicación de carbón activado durante la fermentación o la filtración avanzada, aunque el éxito sigue siendo variable y la prevención sigue siendo la mejor cura.[33] Aunque el Cabernet sigue siendo el rey, algunas bodegas con visión de futuro como Larkmead están experimentando con parcelas de investigación de variedades tolerantes al calor de Portugal y Sudáfrica, explorándolas como posibles componentes de mezcla para añadir frescura o color a los vinos futuros.[37]

Estudio de Caso: Toscana, Italia

La Toscana, el corazón de la Sangiovese y hogar de vinos icónicos como el Chianti Classico y el Brunello di Montalcino, lucha por preservar la frescura y la elegancia que definen a su uva autóctona. Los veranos más cálidos y secos están acelerando la maduración, elevando los niveles de alcohol y reduciendo la acidez, amenazando con transformar el carácter brillante y sabroso de la Sangiovese en algo más pesado y genérico.[39] Un enólogo informó haber embotellado su primer Merlot con un 15% de alcohol en 2022, un nivel inaudito hace una generación.[41] La región también está plagada de una volatilidad climática extrema, desde dañinas heladas de primavera hasta lluvias torrenciales que pueden arruinar una cosecha.[39]

La principal estrategia de adaptación en la Toscana es una "huida hacia la altitud".[43] Los enólogos están abandonando los fondos de valle más cálidos y buscando o expandiendo viñedos a elevaciones más altas y frescas donde las uvas pueden madurar más lentamente y retener su acidez crucial. Esto se complementa con ajustes en el viñedo, incluyendo una gestión más cuidadosa de la canopia para sombrear la fruta, y el uso de cubiertas vegetales y técnicas de cultivo de secano para construir la resiliencia del suelo y conservar el agua.[40]

Sin embargo, el caso toscano también destaca un desafío socioeconómico clave. A diferencia de las grandes y bien financiadas fincas de Burdeos o la cultura tecnológica de Napa, gran parte de la producción de la Toscana está en manos de bodegas familiares a pequeña escala. Muchos de estos productores carecen del capital y el acceso a la investigación necesarios para adaptaciones estratégicas importantes a largo plazo, como la reubicación de viñedos. Su respuesta es a menudo más reactiva y táctica —ajustando las prácticas día a día— en lugar de invertir en los cambios transformadores que pueden ser necesarios para la supervivencia a largo

plazo.[44]

2.2 Las Fronteras Emergentes: Nuevos Terroirs, Nuevas Oportunidades

Mientras las regiones tradicionales luchan, un clima en calentamiento está desbloqueando el potencial vitícola en lugares antes considerados demasiado fríos o marginales. Estas fronteras emergentes están atrayendo inversión, talento y entusiasmo, creando nuevos estilos y diversificando el mapa mundial del vino.

Estudio de Caso: Reino Unido

Quizás ninguna región ejemplifica mejor la narrativa del "ganador climático" que el Reino Unido. Antes una curiosidad vitícola, el sur de Inglaterra se ha transformado en un productor de clase mundial de vino espumoso de método tradicional.[46] Un aumento de la temperatura de la temporada de crecimiento de más de 1°C desde la década de 1980 ha hecho que las condiciones en condados como Kent y Sussex sean notablemente similares a las de la región de Champaña en Francia, con la que comparten suelos calcáreos similares.[47] Esto ha impulsado una explosión de crecimiento, con la superficie de viñedo del Reino Unido expandiéndose casi un 400% entre 2004 y 2021.[47]

La industria está dominada por las variedades clásicas de Champaña: Chardonnay, Pinot Noir y Pinot Meunier. Aunque el vino espumoso sigue siendo el foco, las proyecciones climáticas indican que el potencial para la producción de vino tranquilo de alta calidad está emergiendo rápidamente, con variedades como Sauvignon Blanc y Pinot Noir tranquilo volviéndose cada vez más viables.[47] Se proyecta que la cosecha récord de 2018, que produjo rendimientos récord de fruta excepcionalmente madura, se convertirá en la norma para 2040.[47] Sin embargo, el Reino Unido no es inmune a los riesgos. Su clima sigue siendo muy variable de un año a otro, y las heladas tardías de primavera y el clima húmedo y fresco durante la floración todavía pueden llevar a rendimientos drásticamente reducidos, creando un desafío de producción errática.[49]

Estudio de Caso: Escandinavia (Dinamarca, Suecia)

Escandinavia representa la frontera más septentrional de la viticultura comercial, un "salvaje oeste" donde está naciendo una nueva industria desde cero.[54] El aumento de las temperaturas, que han subido casi 2°C en el sur de Suecia en los últimos 30 años, y una temporada de crecimiento que se ha alargado unos 20 días, han hecho posible lo que antes era imposible.[52] El establecimiento de la industria ha sido impulsado no por las uvas tradicionales

Vitis vinifera, sino por variedades híbridas resistentes a los hongos (conocidas como PIWI), como la uva blanca Solaris y la uva tinta Rondo, que fueron desarrolladas en Alemania para prosperar en climas más fríos y húmedos.[52]

La región está atrayendo a una nueva generación de enólogos, incluyendo algunos de Francia, que se sienten atraídos por la oportunidad de ser pioneros en una nueva región y por un clima que, aunque fresco, puede ser más predecible que el clima cada vez más volátil de las regiones europeas tradicionales.[53] Los desafíos, sin embargo, son significativos. La producción es a pequeña escala, y los altos costes laborales y las estrictas regulaciones ambientales hacen que los vinos sean caros. Los principales obstáculos son la construcción de la infraestructura necesaria y, crucialmente, el establecimiento de la aceptación del mercado y la viabilidad económica para vinos elaborados con variedades de uva desconocidas a precios premium.[52]

Estudio de Caso: Patagonia y Latitudes Australes (Argentina, Chile)

A medida que las regiones vinícolas sudamericanas establecidas como Mendoza y el Valle del Maipo en Argentina y Chile enfrentan un creciente estrés por calor y agua, los enólogos están empujando los límites de la viticultura hacia el sur, a los climas más frescos y extremos de la Patagonia.[31] Esta vasta región semiárida, con viñedos posibles solo cerca de los ríos que fluyen desde los Andes, ofrece una combinación única de condiciones. La intensa luz solar durante los largos días de verano es moderada por las noches frías, creando una gran oscilación térmica diurna que es ideal para la maduración lenta y constante de las uvas, permitiéndoles desarrollar sabores complejos mientras retienen una acidez vital.[56]

Estos son terroirs verdaderamente extremos, azotados por fuertes vientos y bajo la

amenaza constante de heladas.[57] Sin embargo, están produciendo algunas de las expresiones más emocionantes de clima fresco de Pinot Noir, Chardonnay y Sauvignon Blanc en el hemisferio sur. Sin embargo, esta frontera no es un refugio climático perfecto. La región ha sido golpeada por recientes e inusuales olas de calor y heladas dañinas que han reducido las cosechas.[58] Más fundamentalmente, todo el sistema agrícola depende del riego de los ríos alimentados por el deshielo andino y los glaciares, que están retrocediendo constantemente debido al calentamiento global, lo que plantea una amenaza a largo plazo para la seguridad hídrica.[31]

Estudio de Caso: Tasmania, Australia

La isla de Tasmania se está convirtiendo rápidamente en la principal región vinícola de clima fresco de Australia y en un refugio estratégico del calor, la sequía y el riesgo de incendios que asolan las regiones continentales como los valles de Barossa y Hunter.[60] Su clima marítimo moderado, constantemente enfriado por el Océano Austral circundante, proporciona la estabilidad y la larga y suave temporada de crecimiento perfecta para Pinot Noir y Chardonnay de alta calidad, particularmente para la producción de vino espumoso.[59]

Esto no ha pasado desapercibido. Grandes corporaciones vinícolas australianas, como Brown Family Wine Group, están realizando importantes inversiones en Tasmania, considerándola esencial para preparar sus carteras de vinos premium de clima fresco para el futuro.[59] Los modelos climáticos proyectan que para 2070, el clima de Tasmania podría parecerse al de la famosa región continental de Coonawarra hoy en día, lo que sugiere un potencial futuro para una gama más amplia de variedades.[60] Los principales riesgos que enfrenta Tasmania son un reflejo del cambio climático incluso en este refugio más fresco. Inviernos más cálidos podrían llevar a un desborre más temprano, aumentando la propia vulnerabilidad de la isla a las heladas de primavera.[61] Y como una isla densamente boscosa, el riesgo de incendios forestales y contaminación por humo, aunque menor que en el continente, es una preocupación creciente que la industria está abordando proactivamente a través de la investigación y la planificación de la mitigación.[62]

La expansión de la viticultura en estas nuevas fronteras, sin embargo, no ocurre en el vacío. Este cambio geográfico está preparando el escenario para un conflicto de recursos inminente. A medida que los viñedos se desplazan a mayores altitudes y latitudes previamente no cultivadas, corren el riesgo de invadir hábitats naturales

vitales, bosques y tierras actualmente utilizadas para otras formas de agricultura o conservación.[73] Esta conversión de la tierra representa una amenaza directa para la biodiversidad. Simultáneamente, la creciente dependencia del riego para establecer nuevos viñedos y para sostener los existentes en condiciones más cálidas y secas ejercerá una inmensa presión sobre los ya menguantes recursos de agua dulce. La "solución" para la industria del vino podría convertirse así en un problema significativo para la sostenibilidad ambiental y social más amplia, creando conflictos por la tierra y el agua que requerirán una política y una planificación regional cuidadosas y proactivas para su gestión.

Sección 3: El Arsenal del Viticultor: Una Guía Completa de Estrategias de Adaptación

Ante desafíos climáticos sin precedentes, la industria vinícola mundial está movilizando un extenso e innovador arsenal de estrategias de adaptación. No existe una única solución "milagrosa"; más bien, la resiliencia se está construyendo a través de una cartera diversificada de intervenciones que abarcan desde el código genético de la vid hasta los flujos de datos de la nube. Los viñedos más exitosos y sostenibles del futuro serán aquellos que superpongan múltiples estrategias, creando un sistema robusto y amortiguado capaz de resistir la volatilidad climática. Esta sección proporciona un catálogo y una evaluación exhaustivos de estas herramientas, organizadas en tres dominios clave: prácticas en el viñedo, innovaciones en la bodega y el poder transformador de la tecnología.

Tabla 3: El Portfolio de Adaptación del Viticultor: Un Marco Estratégico

Estrategia de Adaptación	Categoría	Objetivo Principal	Plazo	Coste Relativo
Selección Varietal y Genética	Genética	Retrasar Maduración, Tolerancia Calor/Sequía	Largo Plazo / Estratégico	Alto (Replantación)
Variedades Tolerantes Calor/Sequía	Genética	Adaptar la planta al nuevo clima	Largo Plazo / Estratégico	Alto

Clones/Portainjertos de Maduración Tardía	Genética	Retrasar fenología, gestionar agua	Largo Plazo / Estratégico	Alto
Redescubrir Cultivares Antiguos	Genética	Aprovechar resiliencia natural, biodiversidad	Largo Plazo / Estratégico	Medio-Alto
Gestión de Canopia y Suelo	Agronómica	Mitigar Calor, Conservar Agua, Mejorar Suelo	Corto a Medio Plazo	Bajo a Medio
Sombreado de Canopia (Deshojado, Espaldera)	Agronómica	Reducir quemaduras, bajar temperatura del fruto	Corto Plazo / Táctico	Bajo
Aumentar Altura del Tronco	Agronómica	Reducir riesgo de calor/heladas	Medio Plazo (en plantación)	Bajo
Cubiertas Vegetales / Ag. Regenerativa	Agronómica	Mejorar salud del suelo, retención de agua	Medio Plazo / Estratégico	Bajo-Medio
Gestión del Agua	Agronómica	Conservar Agua, Mitigar Sequía/Calor	Corto a Medio Plazo	Medio-Alto
Riego por Goteo de Precisión/Deficitario	Agronómica	Optimizar eficiencia del uso del agua	Corto Plazo / Táctico	Medio
Refrigeración por Evaporación (Nebulizadores)	Agronómica	Mitigar picos de calor agudos	Corto Plazo / Táctico	Alto
Intervenciones Enológicas	Enológica	Corregir Desequilibrios, Preservar Estilo	Post-Cosecha / Táctico	Bajo a Medio
Selección de Levaduras	Enológica	Reducir alcohol, ajustar acidez	Táctico	Bajo

(No-Saccharomyces)				
Acidificación / Desacidificación	Enológica	Ajustar pH y frescura percibida	Táctico	Bajo
Tecnología de Reducción de Alcohol	Enológica	Bajar nivel de alcohol final	Táctico	Medio-Alto
Tecnología y Análisis de Datos	Tecnológica	Optimizar Gestión, Mitigar Riesgo	Continuo / Estratégico	Medio-Alto
Drones, Sensores, Imágenes Satelitales	Tecnológica	Recopilación de datos para gestión de precisión	Continuo / Táctico	Medio
IA y Analítica Predictiva	Tecnológica	Prever riesgo, optimizar decisiones	Continuo / Estratégico	Alto

3.1 En el Viñedo: Cultivando la Resiliencia desde la Base

La primera y más fundamental línea de defensa contra el cambio climático reside en el propio viñedo. Los viticultores están reconsiderando todo, desde el material genético que plantan hasta la forma en que gestionan el suelo y la canopia, con el objetivo de crear ecosistemas agrícolas más resilientes.

El Kit de Herramientas Genéticas: La Primera Línea de Defensa

La estrategia de adaptación más poderosa y duradera es elegir el material vegetal adecuado.[13] Se trata de una decisión a largo plazo y con una alta inversión de capital, ya que las vides tienen una vida comercial de 30 años o más, pero es la base fundamental de la resiliencia.[50]

- **Selección Varietal:** Los viticultores de las regiones en calentamiento están plantando cada vez más variedades de uva que están naturalmente mejor adaptadas al calor y la sequía. Esto a menudo significa buscar inspiración en las partes más cálidas del Mediterráneo. Variedades como la Touriga Nacional (Portugal), Assyrtiko (Grecia), Vermentino (Italia), Nero d'Avola (Sicilia), Garnacha y Mencía (España) se están probando y adoptando en regiones desde Burdeos hasta California y Australia.[2] Estas variedades suelen ser de maduración más tardía, lo que les permite madurar en la parte más fresca del otoño, y muchas tienen una capacidad natural para retener la acidez en condiciones cálidas.
- **Redescubrimiento de Cultivares Antiguos y Olvidados:** Paralelamente a esto, existe un movimiento creciente para redescubrir y propagar variedades de uva antiguas, locales o casi extintas.[78] Estas uvas patrimoniales, que han evolucionado durante siglos en un lugar específico, a menudo poseen adaptaciones genéticas únicas a los factores de estrés locales como la sequía o el calor, lo que representa una valiosa reserva de resiliencia sin explotar.[79] En España y Francia, variedades como Fer Servadou y Jacquère se están recuperando no solo por sus sabores únicos, sino por su resistencia.[79]
- **Selección Clonal y de Portainjertos:** Dentro de una misma variedad de uva como Pinot Noir o Chardonnay, existe una diversidad clonal significativa. Los viticultores pueden seleccionar clones de maduración más tardía para ayudar a retrasar la vendimia.[13] Aún más crítica es la elección del portainjerto. El sistema radicular gobierna la interacción de la vid con el suelo y su acceso al agua. Plantar vides en portainjertos resistentes a la sequía es una de las formas más efectivas y sostenibles de combatir la escasez de agua, una estrategia que se está investigando y desplegando intensamente a nivel mundial.[13]

Tabla 4: Variedades de Uva Resilientes al Clima para un Mundo en Calentamiento

Nombre de la Variedad	Tipo	Características Clave	Región de Origen/Prominencia	Regiones de Experimentación
Touriga Nacional	Tinta	Tolerante al calor y la sequía, maduración tardía, retiene acidez, notas intensas de flores/frutos	Portugal (Duero, Dão)	Burdeos, California, Australia

		negros.[2]		
Assyrtiko	Blanca	Alta tolerancia a la sequía, mantiene una acidez muy alta incluso en plena madurez, carácter mineral.[2]	Grecia (Santorini)	California, Australia, Sudáfrica
Vermentino	Blanca	Tolerante a la sequía, retiene acidez, aromática (cítricos, manzana verde), maduración tardía para una blanca.[2]	Italia (Cerdeña, Liguria), Francia (Córcega)	California, Texas, Australia
Nero d'Avola	Tinta	Alta tolerancia al calor, buena acidez, rendimiento moderado, sabores a frutos negros y especias.[7]	Italia (Sicilia)	Australia, California
Garnacha (Grenache)	Tinta	Excepcional tolerancia a la sequía y al calor, estilo versátil de ligero a con cuerpo.[7]	España (Aragón), Francia (Ródano Sur)	California, Australia, Sudáfrica
Mencía	Tinta	Tolerancia moderada al calor, retiene bien la acidez, notas florales y de frutos rojos, a menudo comparada con Pinot Noir o Cab	España (Bierzo, Ribeira Sacra)	California (Sonoma)

		Franc.[2]		
Aglianico	Tinta	Prospera en condiciones cálidas y secas, alta acidez y taninos, complejo, gran potencial de envejecimiento.[7] [7]	Italia (Campania, Basilicata)	Australia, Texas
Fiano	Blanca	Buena tolerancia al calor, retiene bien la acidez, con textura, aromática (avellana, cítricos).[7]	Italia (Sur de Italia)	Australia (McLaren Vale)
Arinto	Blanca	Excepcional retención de acidez en climas cálidos, notas frescas de limón/lima.[7]	Portugal (Bucelas)	Australia
Solaris	Blanca	Resistente al frío, resistente a enfermedades (PIWI), maduración temprana, adecuada para nuevas fronteras del norte.[3]	Alemania (Friburgo)	Escandinavia, Reino Unido, Norte de Europa

Gestión de la Canopia y del Suelo: Creando un Microclima Resiliente

Los viticultores están manipulando activamente el entorno del viñedo para proteger las vides contra los extremos climáticos.

- **Gestión de la Canopia:** La canopia de hojas de la vid es un panel solar y un sistema de refrigeración. Ajustar su arquitectura es una táctica clave a corto plazo. En climas más cálidos, el objetivo ha pasado de maximizar la exposición al sol a proporcionar una sombra protectora. Esto se logra reduciendo o eliminando el deshojado alrededor de la zona de los frutos, especialmente en el lado de la hilera que recibe el sol más caliente de la tarde.[3] Los viticultores también se están alejando de los sistemas de espaldera muy controlados y que exponen la fruta, como la Conducción en Espaldera Vertical (VSP), y adoptando sistemas más extensos que proporcionan sombra, como la tradicional Pérgola en Italia o el "California Sprawl".[21] Aumentar la altura del tronco de la vid es otra técnica simple pero efectiva, ya que las temperaturas son más frescas más lejos del suelo que irradia calor, lo que puede ayudar a mitigar tanto el estrés por calor como el riesgo de heladas de primavera.[13]
- **Salud del Suelo y Viticultura Regenerativa:** Se está produciendo un cambio de paradigma en la gestión del suelo, pasando de la tierra labrada y desnuda a los suelos vivos. La adopción generalizada de cubiertas vegetales es una piedra angular de este movimiento.[86] Plantar gramíneas, leguminosas y otra vegetación entre las hileras de vides tiene múltiples beneficios: previene la erosión del suelo por lluvias intensas, aumenta la materia orgánica del suelo, mejora la infiltración y retención de agua (reduciendo el estrés por sequía), suprime las malas hierbas y aumenta la biodiversidad al proporcionar un hábitat para insectos beneficiosos.[12] Este es un principio central de la viticultura regenerativa, un enfoque holístico que tiene como objetivo reconstruir todo el ecosistema del viñedo a través de prácticas como la siembra directa, el compostaje y la integración de ganado para el pastoreo y la fertilización, creando en última instancia un sistema más resiliente y autosostenible.[91]

Riego de Precisión y Gestión del Agua

A medida que el agua se convierte en un recurso cada vez más preciado y regulado, su gestión eficiente es primordial.

- **Riego Inteligente y Deficitario:** La era del riego por inundación ineficiente ha terminado. El estándar ahora es el riego por goteo de alta eficiencia, que suministra agua directamente a la zona radicular de la vid.[93] Muchos viñedos avanzados emplean el "riego deficitario", una técnica en la que aplican intencionadamente menos agua de la que la vid teóricamente necesita. Este

estrés controlado puede limitar el crecimiento excesivo de la canopia y mejorar la calidad de la uva, especialmente en las variedades tintas.[24] La ejecución de esto requiere un seguimiento cuidadoso del estado hídrico de la vid utilizando herramientas como sensores de humedad del suelo y cámaras de presión para medir el potencial hídrico de las hojas.[67]

- **Sistemas de Refrigeración:** En regiones propensas a picos de calor extremo, algunos viticultores han instalado sistemas de refrigeración directa por evaporación. Aspersores aéreos o nebulizadores de partículas finas pueden activarse durante la parte más calurosa del día para bajar la temperatura ambiente y de la canopia, previniendo quemaduras solares y estrés por calor.[37] Sin embargo, estos sistemas requieren una inversión significativa en infraestructura y, de manera crítica, un suministro de agua fiable, lo que los hace inviables en muchas zonas con escasez de agua.

3.2 En la Bodega: Respuestas Enológicas a las Nuevas Realidades de la Uva

Cuando las uvas llegan a la bodega con un perfil químico desequilibrado, los enólogos pueden desplegar una serie de herramientas enológicas para corregir los efectos de una temporada de crecimiento calurosa.

Manejo de Mostos con Alto Contenido de Azúcar y Baja Acidez

- **Selección de Levaduras:** La elección de la levadura para la fermentación es una herramienta poderosa. Mientras que *Saccharomyces cerevisiae* es el caballo de batalla tradicional, los enólogos utilizan cada vez más cofermentaciones con cepas de levadura no *Saccharomyces*. Especies como *Lachancea thermotolerans* pueden metabolizar parte de los azúcares de la uva en ácido láctico, reduciendo simultáneamente el alcohol potencial y aumentando la acidez total del vino.[96] Otras, como
  Torulaspora delbrueckii, son conocidas por tener un menor rendimiento de alcohol a partir de la misma cantidad de azúcar.[97]
- **Ajustes de Ácido y Azúcar:** Las adiciones directas al mosto de uva son comunes. En climas cálidos, la acidificación —la adición de ácido tartárico— es una práctica estándar para bajar el pH, aumentar la frescura y garantizar la

estabilidad microbiológica.[99] Por el contrario, en años o regiones frías, puede ser necesaria la desacidificación con carbonato de potasio o calcio.[100] En algunas jurisdicciones, se permite la mejora —la adición controlada de agua al mosto— para diluir concentraciones de azúcar excesivamente altas y reducir el nivel final de alcohol.[100]

Tecnologías de Reducción de Alcohol

Para los vinos que ya han fermentado a un alto nivel de alcohol, las tecnologías post-fermentación ofrecen una solución. Técnicas como la ósmosis inversa y la destilación al vacío (a menudo realizadas por empresas de servicios especializadas) pueden eliminar físicamente una parte del etanol del vino terminado.[98] Cuando se hacen con cuidado, estos métodos pueden reducir el alcohol en uno o dos por ciento, devolviendo un vino desequilibrado a la armonía sin despojarlo significativamente de su sabor y aroma.

Innovaciones en Fermentación y Crianza

- **Control de Temperatura:** La gestión de la temperatura de fermentación es crítica. Los mostos calientes pueden llevar a levaduras estresadas y a la producción de sabores desagradables. Las bodegas modernas están equipadas con depósitos de acero inoxidable con camisas de refrigeración o utilizan serpentines de enfriamiento internos para mantener una fermentación lenta y controlada, lo cual es esencial para preservar los delicados compuestos aromáticos, especialmente en los vinos blancos.[103]
- **Recipientes Alternativos:** La elección del recipiente de crianza también está evolucionando. Aunque las barricas de roble siguen siendo dominantes, hay una tendencia creciente hacia el uso de recipientes inertes como los huevos de hormigón y las ánforas de arcilla.[97] Estos recipientes permiten una microoxigenación suave, que puede ayudar a suavizar los taninos y a construir textura, pero no imparten ningún sabor a madera. Esto los hace ideales para los enólogos que buscan preservar la expresión pura de la fruta de las uvas cultivadas en climas cálidos, evitando la combinación potencialmente abrumadora de fruta madura y sabores de roble nuevo.

3.3 La Revolución Tecnológica: Viticultura Basada en Datos

El cambio más profundo en la gestión de viñedos es el paso hacia la toma de decisiones basada en datos, habilitada por un conjunto de nuevas tecnologías que permiten a los viticultores comprender y gestionar sus viñedos con una precisión sin precedentes.

Viticultura de Precisión: Detectando y Observando el Viñedo

La viticultura de precisión utiliza la tecnología para gestionar la variabilidad del viñedo. En lugar de tratar una parcela entera de viñedo como una unidad uniforme, permite intervenciones específicas a nivel de subparcela o incluso de vid individual.

- **Teledetección:** Drones, aviones y satélites equipados con cámaras multiespectrales y térmicas son ahora herramientas vitícolas clave.[93] Pueden generar mapas detallados del viñedo, mostrando variaciones en el vigor de la vid (utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, o NDVI), el estrés hídrico (midiendo la temperatura de la canopia), el tipo de suelo e incluso posibles brotes de enfermedades.[108] Estos datos proporcionan una "vista de pájaro" del viñedo, destacando áreas problemáticas que serían invisibles desde el suelo.
- **Sensores In-Situ:** Esta vista aérea se complementa con una red de sensores en el suelo. Sondas de humedad del suelo inalámbricas, sensores de estado hídrico de la planta y estaciones meteorológicas locales proporcionan datos granulares y en tiempo real sobre las condiciones que cada vid está experimentando.[108]
- **Tecnología de Tasa Variable (VRT):** Los datos de estos sensores se utilizan para crear "mapas de prescripción" que se introducen en tractores y sistemas de riego guiados por GPS. Esto permite la aplicación de insumos a tasa variable. Por ejemplo, un pulverizador con VRT puede aplicar más fungicida en una sección vigorosa y propensa a enfermedades del viñedo y menos en una sección más débil, mientras que un sistema de riego inteligente puede suministrar más agua a una zona de suelo arenoso y menos a un área con arcilla pesada.[108] Esto optimiza el uso de recursos, reduce costes y minimiza el impacto ambiental.

El Poder de los Datos: IA, Analítica y Soporte a la Decisión

Las vastas cantidades de datos generados por estas tecnologías están siendo aprovechadas por la inteligencia artificial (IA) y la analítica avanzada para crear potentes sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

- **Analítica Predictiva:** Las plataformas de IA pueden analizar datos históricos, alimentaciones de sensores en tiempo real y pronósticos meteorológicos para hacer predicciones.[113] Estos modelos pueden pronosticar el rendimiento con alta precisión, predecir el riesgo de un brote de mildiu basándose en la temperatura y la humedad, o recomendar la ventana de vendimia óptima mediante el seguimiento de los cambios en la composición de la uva.[106]
- **Sistemas de Apoyo a la Decisión:** Estas plataformas de software integradas, como VineSignal de Deep Planet, actúan como un centro neurálgico para la gestión del viñedo.[115] Agregan datos de todas las fuentes —satélites, drones, sensores de suelo, análisis de laboratorio— y los presentan al viticultor en un formato accesible y procesable. Esto democratiza la experiencia, permitiendo a los viticultores tomar decisiones más racionales y basadas en datos sobre todo, desde la programación del riego hasta la logística de la vendimia.[107]

La adopción de estas estrategias revela un cambio crítico en la mentalidad de la industria. Históricamente, muchas prácticas sostenibles o tecnológicas se consideraban de nicho o un coste añadido. El cambio climático ha alterado fundamentalmente este cálculo. Las prácticas que mejoran la resiliencia y la sostenibilidad —mejorar la salud del suelo para retener agua, usar tecnología de precisión para reducir insumos— ya no son solo "ecológicas"; se están convirtiendo en impulsores centrales de la viabilidad económica y la gestión de riesgos. La línea entre la gestión ambiental y una estrategia empresarial sólida se está difuminando, haciendo de la sostenibilidad un pilar central de la planificación financiera a largo plazo, no un complemento opcional.

Sección 4: Síntesis y Perspectiva Estratégica: El Futuro del Vino

La colisión de un sector agrícola profundamente tradicional y sensible al clima con la fuerza rápida y sistémica del calentamiento global está creando un futuro para el vino que se definirá por la transformación, la diversificación y la innovación. El análisis precedente de los impactos biofísicos, los cambios geográficos y las estrategias de adaptación proporciona la base para una evaluación estratégica de nivel superior de la trayectoria de la industria vinícola. Esta sección final sintetiza estos hallazgos para explorar las implicaciones económicas, culturales y de mercado en cascada, concluyendo con una visión de futuro y recomendaciones prácticas para los actores clave. La evidencia sugiere que, si bien los desafíos son profundos, la capacidad de adaptación de la industria es formidable, prometiendo no una extinción del vino, sino una reinvención radical de su producción y consumo.

4.1 El Balance Económico: Costes, Riesgos y Oportunidades

El cambio climático está remodelando fundamentalmente el panorama económico de la industria vinícola mundial, introduciendo nuevos costes, amplificando riesgos y creando novedosas oportunidades de inversión. La viabilidad financiera a largo plazo de las bodegas y de regiones enteras dependerá cada vez más de su capacidad para navegar esta nueva realidad económica.

El coste de producir una botella de vino está aumentando, impulsado directa e indirectamente por el cambio climático. Las medidas de adaptación, aunque esenciales para la supervivencia, requieren un desembolso de capital significativo. Invertir en nuevas tecnologías como sistemas de riego de precisión, drones y plataformas de análisis impulsadas por IA representa un coste inicial sustancial.[93] En regiones con escasez de agua, el precio del agua en sí está aumentando, lo que se suma a los gastos operativos.[119] El proceso intensivo en capital de replantar viñedos con variedades de uva más adecuadas o establecer nuevos viñedos en lugares más altos, frescos y a menudo más remotos, implica una inmensa inversión a largo plazo en tierra, mano de obra e infraestructura.[120] Además, la creciente frecuencia de eventos climáticos catastróficos está elevando las primas de los seguros y provocando pérdidas devastadoras y no aseguradas. La destrucción de una cosecha por heladas en Borgoña o por contaminación por humo en Napa puede paralizar el flujo de caja de una bodega durante años.[11]

Esta estructura de mayor riesgo y coste está creando una volatilidad de mercado significativa, particularmente en el segmento de alta gama. La reducción de los

rendimientos de los vinos de primera categoría de regiones como Borgoña y Champaña, causada por eventos como las heladas de 2021, ha provocado shocks de oferta, fuertes aumentos de precios y reducciones en las asignaciones para coleccionistas e inversores.[11] Esta inflación de precios impulsada por la escasez puede beneficiar a algunos productores a corto plazo, pero amenaza la estabilidad del mercado a largo plazo y la accesibilidad de estos vinos icónicos.

Mientras que las regiones tradicionales se enfrentan a esta espiral de costes y riesgos crecientes, el cambiante mapa climático está creando oportunidades atractivas en otros lugares. Regiones emergentes como el Reino Unido, Tasmania o incluso Escandinavia ofrecen el potencial de una producción de alta calidad en tierras que, por ahora, son significativamente menos costosas que en las zonas establecidas.[121] Esto ha atraído la inversión tanto de empresarios pioneros como de corporaciones vinícolas establecidas que buscan diversificar su riesgo geográfico.[59] Sin embargo, la viabilidad económica de estas nuevas fronteras no está garantizada. Requiere una inversión masiva no solo en viñedos y bodegas, sino también en la construcción de la infraestructura necesaria, los canales de mercado y, lo más importante, una identidad de marca regional que pueda exigir precios premium.[51]

Críticamente, está surgiendo un nuevo paradigma económico donde la sostenibilidad y la rentabilidad convergen. Se ha demostrado que los principios de una economía circular —que tienen como objetivo minimizar los residuos y redefinir los subproductos como recursos (por ejemplo, compostar el orujo de uva)— son más rentables que los modelos lineales tradicionales.[125] El argumento comercial para las prácticas sostenibles se está volviendo innegable; ya no son solo una herramienta de marketing, sino un componente central de la gestión de riesgos y la eficiencia operativa.

4.2 El Terroir Cultural: Tradición vs. Transformación

El vino es más que un producto agrícola; es un recipiente de patrimonio cultural, profundamente entrelazado con la historia, el paisaje y la identidad de un lugar.[126] Esta dimensión cultural está codificada en los sistemas de denominación de origen del Viejo Mundo, como la

Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) de Francia y la *Denominazione di Origine Controllata e Garantita* (DOCG) de Italia. Estos sistemas, diseñados para proteger la

tradición y garantizar el origen y la tipicidad de un vino, se enfrentan ahora a su mayor desafío.[128]

El dilema central es que estas regulaciones, por su propia naturaleza, son rígidas y resistentes al cambio. Prescriben estrictamente qué variedades de uva se pueden cultivar, dónde se pueden cultivar y qué prácticas vitícolas y enológicas están permitidas.[129] Esta rigidez, que en su día fue guardiana de la calidad y la identidad, se ha convertido en un impedimento significativo para la adaptación al cambio climático.[122] Un viticultor en una AOC en calentamiento puede saber que una variedad de uva diferente y no aprobada funcionaría mejor, pero está legalmente impedido de plantarla sin sacrificar el valioso estatus de la denominación.

Hay signos de evolución, pero el ritmo es lento. La creación de categorías más flexibles como la *Indication Géographique Protégée* (IGP) y *Vin de France* de Francia proporcionó una válvula de escape para los innovadores, permitiéndoles experimentar con uvas y técnicas no tradicionales, como demostró famosamente el movimiento de los "Súper Toscanos".[129] La reciente y muy controlada autorización de nuevas variedades de uva en Burdeos es un reconocimiento histórico de la crisis, pero sigue siendo una excepción.[22] La pregunta fundamental es si estos organismos reguladores profundamente arraigados pueden adaptarse lo suficientemente rápido como para permitir que sus regiones sobrevivan.

Esta tensión fuerza una conversación difícil sobre lo que significa preservar el patrimonio en un estado de cambio. ¿Preservar el patrimonio de Borgoña significa seguir cultivando Pinot Noir, incluso si el vino resultante ya no sabe a un Borgoña clásico? ¿O significa encontrar nuevas formas —quizás con nuevas variedades o técnicas— de producir un vino que capture el espíritu y la calidad del lugar, incluso si el líquido en la botella cambia? La industria debe navegar por un camino que honre la tradición sin estar encadenada por ella, preservando la identidad cultural de sus grandes terroirs mientras permite la evolución técnica necesaria para asegurar su futuro.

4.3 El Paladar Moderno: El Poder del Consumidor

El futuro de la industria del vino será moldeado no solo por lo que los viticultores puedan producir, sino también por lo que los consumidores quieran beber. Varias tendencias de consumo poderosas corren paralelas y, a veces, en oposición a los

impactos del cambio climático.

La tendencia más significativa es la creciente demanda de sostenibilidad. Los consumidores, particularmente los más jóvenes (Millennials y Generación Z) y los de origen multicultural, toman cada vez más decisiones de compra basadas en consideraciones ambientales y éticas.[132] Un estudio de 2024 del Wine Market Council encontró que aproximadamente el 60% de estos consumidores prefieren comprar vinos con certificación sostenible u orgánica.[133] Esto proporciona un poderoso incentivo de mercado para que las bodegas adopten y comuniquen claramente sus prácticas sostenibles, pasando de ser un centro de costes a un punto clave de diferenciación en el mercado.[132]

Una segunda tendencia crítica es un cambio en las preferencias de sabor, especialmente en algunos mercados clave, hacia vinos más ligeros, frescos y con menor contenido de alcohol.[76] Esto está en conflicto directo con la tendencia climática general, que está empujando los vinos hacia un mayor grado alcohólico y estilos más maduros y con más cuerpo. Este desajuste entre el mercado y el clima crea una oportunidad comercial significativa para los vinos de regiones emergentes de clima fresco como el Reino Unido o Tasmania, y para los productores de regiones tradicionales que pueden utilizar con éxito técnicas vitícolas y enológicas para elaborar vinos más equilibrados y sobrios.

Finalmente, el mercado de alternativas se está expandiendo rápidamente. La categoría de bebidas con bajo o nulo contenido de alcohol está experimentando un crecimiento explosivo, impulsado por consumidores conscientes de la salud.[113] Esto ofrece una nueva fuente potencial de ingresos para la industria del vino, proporcionando una salida para las uvas que podrían ser vendimiadas temprano o para vinos terminados que se someten a la eliminación de alcohol para satisfacer un segmento de mercado específico.[102] Del mismo modo, los formatos de envasado alternativos como el bag-in-box de alta calidad, las latas y las botellas de vidrio ligero están ganando terreno, impulsados por la demanda de los consumidores de conveniencia y una menor huella de carbono.[136]

4.4 Recomendaciones y una Visión a Largo Plazo para una Industria Vitivinícola Resiliente

Navegar por las complejidades del cambio climático requiere un enfoque coordinado,

proactivo y con visión de futuro de todos los sectores del mundo del vino. Basándose en el análisis exhaustivo presentado en este informe, se proponen las siguientes recomendaciones estratégicas:

- **Para los Productores:** El principio rector debe ser construir resiliencia a través de la diversificación. Esto significa adoptar un **enfoque de cartera para la adaptación**, superponiendo múltiples estrategias en diferentes horizontes temporales.
    - **Estrategia a Largo Plazo:** Invertir en **diversidad genética**. Este es el momento de planificar la replantación de viñedos con variedades, clones y portainjertos más apropiados para el clima. Establecer pequeñas parcelas de prueba de nuevas variedades es una forma prudente y de bajo riesgo de recopilar datos y prepararse para el futuro.
    - **Estrategia a Medio Plazo:** Centrarse en la **salud del suelo como base de la resiliencia**. La implementación de prácticas agrícolas regenerativas como los cultivos de cobertura y la siembra directa mejorará la retención de agua, reducirá la erosión y mejorará la salud general del ecosistema del viñedo.
    - **Tácticas a Corto Plazo:** Adoptar la **viticultura de precisión**. Invertir en tecnología de sensores y análisis de datos optimizará el uso de recursos preciosos como el agua y permitirá respuestas más efectivas y específicas a amenazas inmediatas como olas de calor y presión de enfermedades.
    - **Colaboración:** Compartir datos y mejores prácticas con los vecinos regionales. Los desafíos son regionales, y también lo son las soluciones. La investigación colaborativa y el intercambio de conocimientos acelerarán la adaptación para todos.
- **Para Reguladores y Órganos de Denominación de Origen:** El mandato principal debe pasar de la preservación rígida a **permitir la adaptación**.
    - **Incorporar Flexibilidad en las Regulaciones:** Las leyes de denominación de origen deben evolucionar para permitir una mayor flexibilidad en la elección de variedades de uva y prácticas vitícolas. Esto podría implicar la creación de clasificaciones experimentales, la agilización del proceso de aprobación de nuevas variedades adaptadas al clima y la reevaluación de los límites geográficos que ya no reflejan las realidades climáticas.[131]
    - **Priorizar la Ciencia sobre el Dogma:** Las decisiones sobre los cambios en las normativas deben estar impulsadas por datos científicos sobre proyecciones climáticas y rendimiento varietal, no solo por precedentes históricos.
    - **Redefinir la Tipicidad:** Fomentar una conversación en torno a una definición más dinámica del terroir, una que valore la expresión de un lugar a medida

que evoluciona, en lugar de intentar replicar perfectamente un perfil de sabor de un clima pasado.

- **Para los Inversores:** Los modelos financieros deben actualizarse para reflejar la nueva realidad climática.
  - **Reevaluar el Riesgo:** El riesgo climático ya no se trata solo de la variación de una cosecha a otra; se trata de la viabilidad a largo plazo de regiones enteras y del potencial de pérdidas catastróficas e no asegurables.[73] La concentración geográfica en una única región de alto riesgo es una estrategia cada vez más precaria.
  - **Identificar Nuevas Oportunidades:** Mirar más allá de los activos tradicionales. Existen oportunidades significativas en **regiones vinícolas emergentes**, en las **tecnologías habilitadoras** de AgTech e IA que apoyan la resiliencia, y en **productores que demuestran un compromiso claro, estratégico y transparente con la sostenibilidad y la adaptación**. La capacidad de gestionar el riesgo climático se está convirtiendo en un indicador clave de un negocio bien gestionado y con visión de futuro.

Una Visión a Largo Plazo

El futuro del vino no es de escasez o extinción, sino de profundo cambio y diversificación.[142] El mapa mundial del vino se volverá más rico y variado, con una paleta más amplia de variedades de uva, un espectro más amplio de estilos de vino y una nueva geografía de producción. El dominio monolítico de unas pocas variedades y regiones internacionales probablemente dará paso a un mundo del vino más pluralista. El éxito ya no se definirá únicamente por la adhesión a un punto de referencia histórico, sino por la capacidad de producir vinos de equilibrio, carácter y calidad que reflejen auténticamente su entorno en evolución. Los actores más exitosos serán aquellos que sean ágiles, que abracen la innovación y que entiendan que el equilibrio intrincado y dinámico entre la ciencia, la tradición y la sostenibilidad es la definición misma del terroir moderno.[145]

Obras citadas

1. The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality* | Journal of Wine Economics, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-wine-economics/article/impact-of-climate-change-on-viticulture-and-wine-quality/2914947821F9A182508E76760E7C0D9B
2. The Impact of Climate Change on the Wine Industry - Plume Ridge Bottle Shop, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://prbottleshop.com/blogs/food-wine/the-impact-of-climate-change-on-th

e-wine-industry
3. How Climate Change is Reshaping the Wine Industry: Challenges, Opportunities, and New Frontiers - Smith & Vine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.smithandvine.com/s/stories/how-climate-change-is-reshaping-the-wine-industry-challenges-opportunities-and-new-frontiers
4. (PDF) The Impact of Climate Change on Viticulture and Wine Quality, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/303979811_The_Impact_of_Climate_Change_on_Viticulture_and_Wine_Quality
5. Four decades in the vineyard: the impact of climate change on ..., fecha de acceso: julio 8, 2025, https://oeno-one.eu/article/view/8083
6. Climate change: Are French vineyards under threat of disappearing? - iDealwine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.idealwine.info/climate-change-are-french-vineyards-under-threat-of-disappearing/
7. Varietal choice for a warmer future - The Australian Wine Research Institute, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.awri.com.au/files/attachment/s2314-varietal-choice/
8. Climate Change and Global Wine Quality - Infowine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.infowine.com/wp-content/uploads/2024/04/libretto4594-01-1.pdf
9. Climate change brings challenges, and opportunities, to Finger Lakes wineries, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://news.cornell.edu/stories/2024/10/climate-change-brings-challenges-and-opportunities-finger-lakes-wineries
10. Impact of climate change on grape berry ripening: An assessment of adaptation strategies for the Australian vineyard - PubMed Central, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9811181/
11. How Climate Change is Shaping the Future of Fine Wine - Bordeaux Index, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://bordeauxindex.com/learn/blog/how-climate-change-is-shaping-the-future-of-fine-wine
12. The Struggle to Fight Climate Change in Bordeaux | Wine Enthusiast, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.wineenthusiast.com/culture/wine/climate-change-bordeaux-france/
13. An Update on the Impact of Climate Change in Viticulture and ..., fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2073-4395/9/9/514
14. Wine Decline In Napa - Aksik, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.aksik.org/node/3681
15. The Impact of Climate Change on Oregon Pinot Noir Production - Knudsen Vineyards, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://knudsenvineyards.com/blog/the-impact-of-climate-change-on-oregon-pinot-noir-production/
16. How Does Climate Impact Wine?, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.foodandwine.com/wine/how-does-climate-impact-wine

17. Impacts of extreme heat and changing climates on grapevine biology and chemistry, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://acs.digitellinc.com/p/s/impacts-of-extreme-heat-and-changing-climates-on-grapevine-biology-and-chemistry-622175
18. Modified grape composition under climate change conditions requires adaptations in the vineyard | OENO One, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://oeno-one.eu/article/view/1647
19. Climate Change Impacts on Vineyards in Warm and Dry Areas: Challenges and Opportunities, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.ajevonline.org/content/74/2/0740033
20. Effect of Heat on Grapevine Production and Fruit Quality | Grape and Wine Magazine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://grapeandwinemag.com/2025/05/15/effect-of-heat-on-grapevine-production-and-fruit-quality/
21. Vineyard threats: heat stress - Westgarth Wines, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://westgarthwines.com/blogs/news/vineyard-threats-heat-stress
22. Climate change and the future of the Bordeaux blend. - Wine Stories, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.greatwinecapitals.com/wine-stories/climate-change-and-the-future-of-the-bordeaux-blend/
23. Cornelis (Kees) van Leeuwen: winegrowers must adapt to climate change - Bordeaux Sciences Agro, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://study.agro-bordeaux.fr/2024/03/20/cornelis-kees-van-leeuwen-winegrowers-must-adapt-to-climate-change/
24. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance - PMC - PubMed Central, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7410189/
25. How Weather Impacts Wine Production: 'Terroir' and Climate Influence on Vineyards, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.opticweather.com/blog/weather-forecast-nuances-interpretation/how-weather-impacts-wine-production-terroir-influence
26. Under-Vine Vegetation Mitigates the Impacts of Excessive Precipitation in Vineyards, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.713135/full
27. An Overview of the Impacts of Climate Change on Vineyard Ecosystems in Niagara, Canada, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2077-0472/13/9/1809
28. From Heat to Too-Sweet: Tasting the Wines of the Future at Davos - ClimateAi, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://climate.ai/blog/heat-to-too-sweet-wine-tasting-the-future-davos/
29. Napa strikes US$64.6 million fire protection deal - The Drinks Business, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.thedrinksbusiness.com/2025/06/napa-strikes-us64-6-million-fire-protection-deal/

30. Climate Change & The Future Of Farming | V. Sattui Winery, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.vsattui.com/climate-change-and-the-future-of-farming/
31. Climate change: the next frontier | Decanter China 醇鉴中国, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.decanterchina.com/en/news/Decanter%20Features/climate-change-the-next-frontier
32. Climate change is altering the chemistry of wine - Knowable Magazine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://knowablemagazine.org/content/article/food-environment/2022/climate-change-altering-chemistry-wine
33. Myths vs. Facts: How Heat and Smoke Affect the Wines and Vines of Napa Valley, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://magnacartacellars.com/blogs/the-magna-carta-blog/myths-vs-facts-how-heat-and-smoke-affect-the-wines-and-vines-of-napa-valley
34. Wildfires pose a burning problem for wines and winemakers - PNAS, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2113327118
35. California wine grape growers need support to manage risks from wildfire and smoke, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://my.ucanr.edu/repository/fileAccessPublic.cfm?fn=ca2023a0006-180016.pdf
36. Climate Change in Bordeaux, the good, the bad and the hopeful - Great Wine Capitals, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.greatwinecapitals.com/wine-stories/climate-change-in-bordeaux-the-good-the-bad-and-the-hopeful/
37. Napa Valley's vineyards are in “climate crisis,” winemaker says - Marketplace.org, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.marketplace.org/story/2022/10/03/napa-valleys-vineyards-are-in-climate-crisis-winemaker-says
38. California Drought and Water Conservation at Frank Family Vineyards, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.frankfamilyvineyards.com/blog/california-drought-and-water-conservation-at-frank-family-vineyards/
39. The Climate Impact on Tuscany - John Fodera's Tuscan Vines, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://johnfodera.com/the-climate-impact-on-tuscany/
40. Can 'rolling back' counter climate change in Tuscan vineyards? - The Drinks Business, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.thedrinksbusiness.com/2025/02/can-rolling-back-counter-climate-change-in-tuscan-vineyards/
41. Tuscany, the climate crisis is here - The Florentine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.theflorentine.net/2022/09/27/tuscany-climate-crisis/
42. Beating the heat: How Italy's winemakers are responding to climate change - Decanter, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.decanter.com/wine/climate-beating-the-heat-495009/
43. IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON VINEYARD SUSTAINABILITY IN ITALIAN WINE REGION - Moore Global, fecha de acceso: julio 8, 2025,

https://www.moore-global.com/MediaLibsAndFiles/media/MooreStephens2020/Documents/Wine/Impact-of-climate-change-on-vineyard-sustainability-in-Italian-wine-region_1.pdf
44. Perceiving and Adapting to Climate Change: Perspectives of Tuscan Wine-Producing Agritourism Owners - MDPI, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2100
45. Viniculture - ClimateChangePost, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.climatechangepost.com/countries/italy/viniculture/
46. How Climate Change is Transforming Wine Production in England - Colemere Vineyard, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.colemere.co.uk/how-climate-change-is-transforming-wine-production-in-england/
47. Study predicts growth in UK wine production due to climate change | UEA, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.uea.ac.uk/about/news/article/study-predicts-growth-in-uk-wine-production-due-to-climate-change
48. Warming Climate Set to Boost UK Wine Production and Reshape Global Grape Growing Regions - CropGPT, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://cropgpt.ai/warming-climate-set-to-boost-uk-wine-production-and-reshape-global-grape-growing-regions
49. Climate change projections for UK viticulture to 2040: a focus on improving suitability for Pinot noir | OENO One, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://oeno-one.eu/article/view/5398
50. Policy brief - Adapting to climate change risk and opportunity in the UK wine sector - LSE, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp-content/uploads/2024/04/Adapting-to-climate-change-risk-and-opportunity-in-the-UK-wine-sector.pdf
51. UK Viticulture: sustainable growth in a changing climate - Nuffield Farming Scholarships, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.nuffieldscholar.org/reports/gb/2017/uk-viticulture-sustainable-growth-changing-climate
52. How is Scandinavia growing its wine industry? | BBC News - YouTube, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.youtube.com/watch?v=qLDGFU3cJSQ
53. Climate Change Has Sweden Growing its Wine Industry - VOA Learning English, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://learningenglish.voanews.com/a/climate-change-has-sweden-growing-its-wine-industry/7238550.html
54. How Climate Change Threatens Some Wineries While Benefiting Others | Journalismfund Europe, fecha de acceso: julio 8, 2025, http://www.journalismfund.eu/climate-change-european-wineries
55. Emerging Wine Industry in Scandinavia: A Cold Climate's New Frontier — - Trailblazer, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.thetrailblazer.co.uk/news/emerging-wine-industry-in-scandinavia-a-cold-climates-new-frontier
56. Your 2025 guide to Patagonia wine region | Winetourism.com, fecha de acceso:

julio 8, 2025, https://www.winetourism.com/wine-region/patagonia/
57. Extreme Conditions and a Changing Climate on Patagonia's Southern Winemaking Frontier, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.wineenthusiast.com/culture/wine/chile-argentina-patagonia-wine/
58. Argentina wine & climate change - Poncho Tours, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://ponchotours.com/argentina-wine/
59. Why Tasmania Is a Wine Region To Watch & Taste - Vintner Project, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://vintnerproject.com/wine/why-tasmania-is-a-wine-region-to-watch-taste/
60. How Australia's wine industry can adapt to climate change - University of Tasmania, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.utas.edu.au/about/news-and-stories/articles/2020/how-our-wine-industry-can-adapt-to-climate-change
61. wine grape production - Department of Natural Resources and Environment Tasmania, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://nre.tas.gov.au/Documents/Wine-Production-V8---31-May-FINAL.pdf
62. Helping to mitigate climate change impacts for Tasmania's wine industry, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.utas.edu.au/about/news-and-stories/articles/2023/helping-to-mitigate-climate-change-impacts-for-tasmanias-wine-industry
63. Bordeaux 2022 Field notes: Fear no more the heat o' the sun - The World of Fine Wine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://worldoffinewine.com/homepage-featured-articles/heat-bordeaux-2022
64. Heatwaves, Grapes and Family - Veritas Vineyard and Winery, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://veritaswines.com/heatwaves-grapes-and-family/
65. How Bordeaux is Adapting to Climate Change, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.bordeaux.com/us/Bordeaux-Magazine-US/Journal/How-Bordeaux-is-Adapting-to-Climate-Change
66. Climate Change and the Napa Valley Wine Industry - U-M Erb, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://erb.umich.edu/2017/04/25/climate-change-and-the-napa-valley-wine-industry/
67. Adapting to Climate Change in Wine Country - Napa Green, fecha de acceso: julio 8, 2025, http://napagreen.org/news/adapting-to-climate-change-in-wine-country/
68. Vineyard Heat Mitigation Techniques Amidst Climate Change - Adversity Cellars, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.adversitycellars.com/blogs/navigating-the-heat-vineyard-heat-mitigation-techniques-amidst-climate-change/
69. Extreme weather may cut Italy's 2023 wine harvest: Forecast - Decanter, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.decanter.com/wine-news/storms-heat-italy-winemakers-climate-change-508512/
70. Patagonia - Protecting vineyards from extreme temperatures | Worldwide Wine Civilizations, fecha de acceso: julio 8, 2025,

https://www.youtube.com/watch?v=YKJ9x2TtPd4
71. Wine and Climate Change in Argentina | Pulitzer Center, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://pulitzercenter.org/projects/wine-and-climate-change-argentina
72. What can we learn from climate change adaptation in Australia's wine industry?, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://nesp2climate.com.au/wp-content/uploads/2025/05/Factsheet_Australias_Adapting_Wine_Industry.pdf
73. Climate Change Threatens 70% of Winemaking Regions - Eos.org, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://eos.org/articles/climate-change-threatens-70-of-winemaking-regions
74. Climate change, wine, and conservation - PNAS, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1210127110
75. Adaptation to Climate Change in Viticulture: The Role of Varietal Selection—A Review, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2223-7747/14/1/104
76. Winemakers Champion the Next 'Perfect Grape' for Climate Change - The Business Download |, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://thebusinessdownload.com/winemakers-champion-the-next-perfect-grape-for-climate-change/
77. Planting drought-tolerant varieties - Agrisource, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.agrisource.org/en/7_114/5df0fb1a4cdcbe0b1739f27a/Planting%20drought-tolerant%20varieties.html
78. Forgotten grape varieties: rediscovering viticultural treasures - BetterWineTaste.com, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://betterwinetaste.com/blogs/all-about-wine/forgotten-grape-varieties-rediscovering-viticultural-treasures
79. Rediscovering the Gems: Exploring the Forgotten Grapes of French Wine - Our Good Life, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.terristeffes.com/2025/02/rediscovering-gems-exploring-forgotten.html
80. The Renaissance of Forgotten Grape Varieties - Wiens Cellars, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.wienscellars.com/the-renaissance-of-forgotten-grape-varieties/
81. Climate Change and the Future of Wine: How Wineries Are Adapting to a Warming World, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.brusherymarket.com/blogs/brushery/climate-change-and-the-future-of-wine-how-wineries-are-adapting-to-a-warming-world
82. Managing grapevines during a heat spike | OSU Extension Service, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://extension.oregonstate.edu/crop-production/wine-grapes/managing-grapevines-during-heat-spike
83. Vineyard Canopy Management - WineMakerMag.com, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://winemakermag.com/article/vineyard-canopy-management
84. Grapevine Heat Stress and Sunburn Management - SJV Trees and Vines, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.sjvtandv.com/blog/lmw8891acor3shgis21lpq2r5rf68i

85. 3 simple strategies for dealing with climate change - International Wine Challenge, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.internationalwinechallenge.com/Canopy-Articles/3-simple-strategies-for-dealing-with-climate-change.html
86. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard - ResearchGate, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/350088117_Cover_crops_in_viticulture_A_systematic_review_1_Implications_on_soil_characteristics_and_biodiversity_in_vineyard
87. Cover crops in vineyard - Montclima, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.montclima.eu/sites/default/files/info_material/docs/cover_crops_en.pdf
88. Cover crops in viticulture. A systematic review (1): Implications on soil characteristics and biodiversity in vineyard | OENO One, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://oeno-one.eu/article/view/3599
89. Cover crops may be used to mitigate and adapt to climate change | Penn State University, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.psu.edu/news/research/story/cover-crops-may-be-used-mitigate-and-adapt-climate-change
90. PA Wine 101: Sustainability in the Vineyard, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://pennsylvaniawine.com/wine-education/blog/pa-wine-101-sustainability-in-the-vineyard
91. Regenerative viticulture and climate change resilience - OENO One, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://oeno-one.eu/article/view/8089
92. Regenerative Viticulture and Climate Change Resilience - easy to read summary of some key RV topics, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.regenerativeviticulture.org/regenerative-viticulture-and-climate-change-resilience-easy-to-read-summary-of-some-key-rv-topics/
93. Technological innovation in viticulture: water management in the face of climate change, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.essedielleenologia.com/en/news/technological-innovation-in-viticulture-water-management/
94. Vineyard Irrigation: AI, Flush Systems & Project Tips - Farmonaut, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://farmonaut.com/precision-farming/vineyard-irrigation-secrets-7-hacks-for-lush-vines
95. Enhancing irrigation effectiveness in vineyards with innovative technologies, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.openaccessgovernment.org/article/enhancing-irrigation-effectiveness-in-vineyards-with-innovative-technologies/166696/
96. Microbial modulation to mitigate the impact of climate change on wine production - PMC, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11335605/
97. New Frontiers of Global Winemaking: How Innovation Is Shaping the Future, fecha

de acceso: julio 8, 2025, https://wineindustryadvisor.com/2025/02/17/new-frontiers-of-global-winemaking-how-innovation-is-shaping-the-future/
98. Advances in Wine Fermentation - MDPI, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2311-5637/7/3/187
99. How to reduce acid in wine, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.grapesforwine.com/how-to-reduce-acid-in-wine/
100. Balancing Acidity in Minnesota Wines: Techniques and Strategies for Winemakers, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://enology.umn.edu/wine-winemaking/balancing-acidity-minnesota-wines-techniques-and-strategies-winemakers
101. Ameliorating Wine to Reduce Acid | Home Wine making 101 | Page 1 of 1, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.piwine.com/ameliorating-wine.html
102. The Impact Of Rising Temperatures On Grapes And Winemaking: Innovations By BevZero In Alcohol Adjustment, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://bevzero.com/rising-temperatures-and-winemaking/
103. How can I keep my fermenters cool during hot weather? - WineMakerMag.com, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://winemakermag.com/wine-wizard/356-how-can-i-keep-my-fermenters-cool-during-hot-weather
104. #harvest19: Making white wines in a hot climate - International Wine Challenge, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.internationalwinechallenge.com/Canopy-Articles/harvest19-making-white-wines-in-a-hot-climate.html
105. Is it possible to adapt vineyards to climate change by modifying agronomic practices?, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://neiker.eus/en/news/is-it-possible-to-adapt-vineyards-to-climate-change-by-modifying-agronomic-practices/
106. Technology and Viticulture: Innovation in Wine Production - ISAM Education, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://isam.education/en/technology-and-viticulture-innovation-in-wine-production/
107. Precision viticulture: a tool for optimizing vineyard management - Neiker, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://neiker.eus/en/news/precision-viticulture-a-tool-for-optimizing-vineyard-management/
108. Precision viticulture technology a key to producing premium quality wines in changing climate [part 2] - eVineyard, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.evineyardapp.com/blog/2020/06/23/precision-viticulture-technology-a-key-to-producing-premium-quality-wines-in-changing-climate-part-2/
109. Drones in Vineyard Management: Enhancing Grape Production - Droneland Australia, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.droneland.au/post/drones-in-vineyard-management-enhancing-grape-production
110. Boosting Vineyard Health: How Drones Revolutionize Grape Farming - Air

Standards, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.airstandards.org/drones-in-grape-farming/
111. Precision Viticulture - Great Satisfaction Explanations - AgriNext Conference, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://agrinextcon.com/precision-viticulture-explanations/
112. Drones for Vineyard Health: Detection and Targeted Pest Control - IJIRMPS, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.ijirmps.org/papers/2024/3/230667.pdf
113. The Future of Winemaking: Trends and Innovations - Halter Ranch, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.halterranch.com/blog/the-future-of-winemaking-trends-and-innovations
114. AI may help Napa wineries adapt to 'climate chaos' - Decanter, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.decanter.com/wine-news/ai-may-help-napa-wineries-adapt-to-climate-chaos-555002/
115. Next-Gen Viticulture: The Future of Intelligent Farming in the Wine Industry, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://wineindustryadvisor.com/2024/08/06/next-gen-viticulture-the-future-of-intelligent-farming-in-the-wine-industry/
116. Precision Viticulture And GIS: Transforming Australian Vineyards - Farmonaut, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://farmonaut.com/precision-farming/revolutionizing-australian-viticulture-how-gis-and-agtech-are-shaping-sustainable-winegrowing-practices
117. DATA for decision-making in viticulture in the face of climate change: Looking beyond production issues | BIO Web of Conferences, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.bio-conferences.org/articles/bioconf/full_html/2023/13/bioconf_oiv2023_01040/bioconf_oiv2023_01040.html
118. DATA for decision-making in viticulture in the face of climate change: Looking beyond production issues - ResearchGate, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/376266431_DATA_for_decision-making_in_viticulture_in_the_face_of_climate_change_Looking_beyond_production_issues
119. How is climate change affecting wine? | Zurich Insurance, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.zurich.com/media/magazine/2021/how-does-climate-change-affect-wine
120. (PDF) Financial impact of high land prices on the viability of winery startup projects, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.researchgate.net/publication/351704291_Financial_impact_of_high_land_prices_on_the_viability_of_winery_startup_projects
121. Climate Change And Wine - Alts.co, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://alts.co/climate-change-and-wine/
122. Global Climate Change and Wine Production: Industry and Academic Perspectives, fecha de acceso: julio 8, 2025,

https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/pbyurwkv
123. Global Wine Tourism Market Set to Skyrocket to Four Hundred Billion Dollars by 2035, Fueled by Sustainable and Experiential Travel Growth, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.travelandtourworld.com/news/article/global-wine-tourism-market-set-to-skyrocket-to-four-hundred-billion-dollars-by-2035-fueled-by-sustainable-and-experiential-travel-growth/
124. Economic Impact Study of the American Wine Industry - WineAmerica, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://wineamerica.org/economic-impact-study/
125. Assessing the Financial Viability and Sustainability of Circular Business Models in the Wine Industry: A Comparative Analysis to Traditional Linear Business Model—Case of Georgia - MDPI, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.mdpi.com/2071-1050/16/7/2877
126. How Portugal's Wine Industry is Adapting to Climate Change - Natural Habitat Adventures, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.nathab.com/blog/climate-adaptation-in-portugals-wine-industry
127. Wine As Cultural Heritage - Wine History Tours, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://winehistorytours.com/wine-as-cultural-heritage/
128. How Climate Change Is Redefining Europe's Wine Heritage - Wine-Intelligence, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://wine-intelligence.com/blogs/wine-news-insights-wine-intelligence-trends-data-reports/how-climate-change-is-redefining-europe-s-wine-heritage
129. The Beginning of the End of the Old World Appellation System? - The Wine Economist, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://wineeconomist.com/2019/06/04/aop/
130. PROTECTED WINE ORIGINS - Grape to Glass, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://grape-to-glass.com/index.php/protected-wine-origins/
131. New Grapes on the Block - The Wine Idea, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.thewineidea.com/new-grapes-on-the-bloc-k/
132. How the Wine Industry Is Tackling Climate Change - US Foods, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.usfoods.com/great-food/food-trends/wine-wise.html
133. New Wine Market Council Studies Dive into Consumer Preference on Greener Wines, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://capstonecalifornia.com/posts/new-wine-market-council-studies-dive-into-consumer-preference-on-greener-wines
134. Sustainability in Winemaking: How We Create Drinks Delight Responsibly, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://lecel.com/sustainable-drinks-delight/
135. 5 Wine Industry Trends to Watch in 2025 | SevenFifty Daily, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://daily.sevenfifty.com/5-wine-industry-trends-to-watch-in-2025/
136. Winemaking Trends in 2025: What's Shaping the Future of Wine? - Wiens Cellars, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.wienscellars.com/winemaking-trends-in-2025-whats-shaping-the-future-of-wine/

137. The Future of Wine: 3 Strategies for Growing in an Evolving Market - Vinitaly 2025, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.vinitaly.com/en/magazine/the-future-of-wine-3-strategies-to-dominate-the-wine-market/
138. 6 Wine Trends Impacting Climate Change And Consumer Taste - Napa Green, fecha de acceso: julio 8, 2025, http://napagreen.org/news/6-wine-trends-impacting-climate-change-and-consumer-taste/
139. TTB Recently Approved Two New Grape Variety Names, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.ttb.gov/public-information/news/ttb-recently-approved-two-new-grape-variety-names
140. A global map of how climate change is changing winegrowing regions | PreventionWeb, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.preventionweb.net/news/global-map-how-climate-change-changing-winegrowing-regions
141. 90% of some of the world's traditional wine regions could be gone in decades. It's part of a larger problem. - CBS News, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.cbsnews.com/news/wine-regions-threat-climate-change/
142. Experts sound alarm on major threat to wine production: 'There are big changes coming', fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.thecooldown.com/outdoors/changing-wine-regions-climate-denmark-europe/
143. Wine Regions Could Shrink Dramatically With Climate Change Unless Growers Swap Varieties | Lamont-Doherty Earth Observatory, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://lamont.columbia.edu/news/wine-regions-could-shrink-dramatically-climate-change-unless-growers-swap-varieties
144. A global map of how climate change is changing winegrowing regions | INRAE, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://www.inrae.fr/en/news/global-map-how-climate-change-changing-winegrowing-regions
145. The Biggest Ideas for the Future of Wine: Recap of the Vine to Mind Symposium, fecha de acceso: julio 8, 2025, https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/1zrbtdac