



Participan en
este número:

- I. Álvarez
X. Aranda
A. Bchir
C. Biel
J. Bota
C. Chirivella
J.M. Escalona
J. Flexas
I. Funes
X. Gago
A. Gallé
M.J. García-Esparza
L.G. Santesteban
B. Grau
J. Gulías
E. Hernández-Montes
F. de Herralde
D. Intrigliolo
A. Jaén
M. Lampreave
V. Lizama
M. Loidi
S. Martorell
H. Medrano
C. Miranda
J.M. Molina-Martínez
M. Nadal
A. Pou
H. Puerto
M. Ribas-Carbó
J.J. Rosillo
J.B. Royo
L. Ruiz
A. Ruiz-Canales
L. Ruiz-Peñalver
A. Sánchez-Ortiz
L.G. Santesteban
R. Savé
M. Tomás
I. Urretavizcaya

Avances científico–tecnológicos para la gestión integral de los viñedos en España a partir de los balances de agua y carbono en vid

Efectos de la variedad, las condiciones edafoclimáticas y las técnicas de cultivo. Proyecto BACAVID.

En este número especial se presentan los resultados más relevantes obtenidos por el equipo investigador del proyecto BACAVID (AGL2011-30408-C04) financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO), en el que se estudian los efectos del material vegetal, las condiciones ambientales y el manejo agronómico en los balances de agua y carbono del viñedo, desde una perspectiva pluridisciplinar (entre la fisiología vegetal y la agronomía, pasando por

la ecofisiología), aportando conocimiento científico básico a la vez que resolviendo cuestiones que afectan al manejo y a la sostenibilidad de la viticultura ante algunos retos del futuro.

Para la consecución de los objetivos del proyecto de investigación se conformaron cinco equipos de investigación, liderados por el investigador principal Dr. **Hipólito Medrano Gil** de la Universidad de las Islas Baleares (UIB), encargados de llevar a cabo las siguientes líneas de trabajo.



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGIL

Línea de trabajo 1

El equipo de investigación encabezado por el Dr. **José Mariano Escalona Lorenzo** de la UIB, fue el responsable de llevar a cabo la primera línea de trabajo denominado **‘Estimación de los balances de agua y carbono en viña a escala de hoja y de planta’**, en el que participaron los siguientes centros: UIB, Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), Universitat Rovira i Virgili (URV), Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) y Universidad Pública de Navarra (UPNA).

Dentro de esta línea de trabajo se estudiaron los factores ambientales, como la radiación interceptada y la disponibilidad hídrica del suelo, que determinan la fijación de carbono en vid, y su variación a lo largo del ciclo vegetativo debido al crecimiento de la planta y la formación de órganos verdes de la parte aérea, principalmente hojas. Por otra parte, se analizó la influencia de la arquitectura del dosel vegetal y los procesos de senescencia foliar junto con el déficit hídrico, atendiendo al genotipo.

Línea de trabajo 2

Bajo la supervisión del Dr. **Hipólito Medrano Gil** de la UIB, el equipo investigador compuesto por personal de la UIB, el Instituto Mediterráneo de Estudios Avanzados (IMEDEA), centro mixto de investigación entre el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la UIB, UPNA, IRTA, IVIA, se encargó de llevar a cabo la segunda línea de trabajo de investigación denominado: **‘Desarrollo de un modelo predictivo y evaluación de indicadores para estimar el balance de agua y de carbono y la eficiencia del uso del agua’**.

En los estudios previos al proyecto de investigación era habitual emplear para el cálculo de la huella de carbono modelos de fijación de carbono que no tenían en cuenta las pérdidas debidas a la respiración de los diferentes órganos de la planta. Por este motivo se llevaron a cabo

ensayos en campo para estimar la respiración de los distintos órganos de distintas variedades de vid. Al mismo tiempo, también se estudiaron los efectos del manejo del riego en las tasas respiratorias y en el balance de carbono de la planta a lo largo del ciclo fenológico.

La discriminación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) puede ser un parámetro representativo de la eficiencia de uso de agua (EUA) en la vid, pero suele estar sujeto a importantes variaciones en función del estadio fenológico y de la naturaleza de la muestra. Dentro de esta línea de investigación se evaluó el grado de correlación entre la medida de $\delta^{13}\text{C}$ realizadas en muestras tanto de hojas jóvenes y adultas como en frutos en diferentes estados fenológicos de la planta y la EUA definida a dos niveles: a escala foliar definida como la relación entre la fotosíntesis y la conductancia estomática (A_N/g_s) y a escala de planta entera definida como la relación entre la biomasa y el agua transpirada.

El incremento de la eficiencia en el uso del agua se abordó mediante: i) determinadas prácticas agronómicas destinadas a mejorar la capacidad de retención del agua en suelo, evitando las pérdidas superficiales, controlando el desarrollo vegetativo y mediante el control del riego y ii) por selección de variedades cuya genética permitían una mayor eficiencia del uso del agua en la vid.

La determinación de la influencia de la variabilidad genética en la eficiencia del uso del agua, se llevó a cabo mediante una amplia prospección de las variedades más adaptadas a la sequía. En concreto, se utilizaron 23 variedades de vid, foráneas y locales, en un amplio rango de disponibilidad hídrica durante 3 años consecutivos, donde se observaron diferentes grados de resistencia a la sequía y, por tanto, diferentes capacidades del uso del agua.

Con el aumento de la EUA se pudo mejorar la sostenibilidad ambiental del cultivo y los parámetros de calidad del fruto.

Línea de trabajo 3

Esta tercera línea se tituló: **‘Estudio detallado de los componentes del flujo de agua a través del continuo suelo-vid-atmósfera y su relación con el balance de carbono’**, siendo la responsable de la consecución de los objetivos del mismo la Dra. **Felicidad de Herralde Traveria** (IRTA) en colaboración con: URV, Écophysiologie et Génomique Fonctionnelle de la Vigne (EGFV), UIB, IMEDEA (CSIC-UIB).

Para poder abordar este estudio, se empezó en primer lugar por analizar diversos portainjertos, los cuales resultan imprescindibles en aquellas regiones donde hay filoxera. Sus raíces proporcionan el soporte estructural de las cepas, exploran el suelo en busca de agua y nutrientes, actúan como barrera ante patógenos y proporcionan mecanismos para combatir el estrés hídrico y la salinidad. Resulta, por tanto, de gran interés, conocer las características y los patrones de distribución de raíces de los principales portainjertos.

Con el objetivo de determinar la distribución, longitud y biomasa radicular, se llevó a cabo un estudio con tres portainjertos de vid bajo dos condiciones de baja disponibilidad hídrica. Se realizó un seguimiento del crecimiento en longitud a lo largo de dos años y al final del ensayo se midió la biomasa y la longitud radicular por excavación directa, separando las raíces según profundidades y clases de diámetro de raíz. Este ensayo puso de relieve la gran influencia de la disponibilidad hídrica, las condiciones climáticas y la edad de la planta en el crecimiento radicular, y, consecuentemente, en el desarrollo foliar. Durante este ensayo también se estudiaron diferentes portainjertos sometidos a las mismas condiciones edafo-climáticas, cuyas características genéticas mostraron desigualdades importantes en el desarrollo radicular.

Estas importantes diferencias y sus mecanismos de regulación del estado hídrico y acumulación de reservas permiten que sea posible adaptar la vid a un ambiente cambiante, influenciado, principalmente, por el cambio climático.

La evaluación de la fijación de carbono en la planta en sistemas agrícolas es una herramienta útil para estimar la capacidad de almacenaje de los cultivos y que está enmarcada en las políticas

propuestas a partir del Protocolo de Kyoto. En este sentido el grupo de investigación estudió la cantidad CO₂ fijada a través de la fotosíntesis y transformada en material orgánica en la planta (hojas, tronco y raíces) en Cataluña, donde la producción de vid juega un papel muy importante.

Línea de trabajo 4

El Dr. **Diego Sebastiano Intrigliolo Molina** del IVIA, en colaboración con la UPNA, URV, el IRTA, UIB-IMEDEA, fue el responsable de la **‘Evaluación del efecto de ciertas prácticas agrícolas en los balances de agua y carbono, la producción y la calidad del cultivo.’**

La investigación se centró en conocer la influencia de la orientación y la inclinación de la espaldera en el consumo de agua, producción y calidad de la uva de la variedad Bobal, realizándose ensayos en maceta con sustrato y en suelo.

Para los ensayos en maceta se creó una estación experimental lisimétrica en la Escuela Politécnica Superior de Orihuela de la Universidad Miguel Hernández de Elche (EPSO-UMH). Los lisímetros fueron diseñados, desarrollados e instalados por el grupo de Ingeniería Agromónica y del Mar de la Universidad Politécnica de Cartagena (IAM-UPCT) en colaboración con la empresa TeleNatura EBT S.L., que junto con una red pluviométrica y de contadores y una estación agroclimática con filtrado de datos en tiempo real conformaron la Estación Experimental de Lisimetría de Pesada de la EPSO (ESLIPE-EPSO), permitiendo realizar el estudio del consumo de agua en vid de la variedad Bobal, considerando diferentes ángulos de inclinación de la espaldera.

A partir de los datos obtenidos durante los años de ensayo, se llevaron a cabo los balances hídricos que permitieron obtener la evapotranspiración horaria, diaria y los coeficientes de cultivo para la condiciones de específicas del ensayo.

En paralelo con los ensayos realizados en la ESLIPE-EPSO, se estudiaron los efectos del riego sobre la producción y la calidad de la uva y del vino en la variedad Bobal en Utiel-Requena. Se estudió el efecto de dos regímenes de riego (deficitario y óptimo) frente a un tratamiento de secano, obteniendo conclusiones significativas para gestionar la producción y calidad de la uva para vinificación.

Línea de trabajo 5

Del desarrollo de esta última línea titulada: **‘Crecimiento vegetativo, rendimiento y variación de la calidad del fruto en viñedos comerciales a lo largo de un gradiente edafo-climático. Validación de los indicadores de agua y del balance de agua y carbono’**, se responsabilizó el Dr. **Gonzaga Santesteban García** de la Universidad Pública de Navarra, en colaboración con el IRTA y la URV.

Como punto de partida, el equipo investigador procedió a cuantificar la biomasa producida a partir del balance de carbono y el reparto (tronco y brazos, pámpanos, hojas y racimos) a escala de viñedo, ya que la mayoría de estudios se habían realizado en maceta y apenas existía información. Se cuantificó la producción anual de biomasa aérea y su reparto en la variedad Tempranillo, combinando relaciones alométricas a partir de datos de crecimiento, producción, clima y aportes de riego obtenidos entre 2008 y 2010 como parte de un proyecto de modelización del viñedo (Red VitMod) con más de 300 viñedos distribuidos entre La Rioja y Navarra.

A partir de los resultados obtenidos de cuatro trabajos de investigación realizados en la variedad Tempranillo, se puso de relevancia el interés del ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) como integrador *a posteriori* del estado hídrico del viñedo, el cual permite estimar a un coste moderado el estrés hídrico al que han estado sometidas las cepas durante el ciclo, a partir de las medidas en las bayas en el momento de la vendimia.

Por otro lado, la evaluación y comparación de la producción, madurez fenólica de la uva y composición del vino, en 5 parcelas durante los años 2009 y 2010, permitió analizar las repercusiones del cambio climático en la composición de la uva y del vino en la variedad Mazuela de la DOCa Priorato. También se analizó la influencia de la topografía y su influencia en el desarrollo de microclimas específicos que condicionaban la maduración fenólica de vid en las terrazas de la DOCa Priorato.

Agradecimientos

Los investigadores que han trabajado en este proyecto quieren agradecer al Ministerio de Economía y Competitividad la ayuda económica recibida. Sin esta aportación no se podría haber avanzado en los aportes científicos descritos en este número especial.

Del mismo modo, destacar el apoyo técnico prestado por la editora de la revista, Silvia Pellicer. Sin sus sugerencias y aportaciones este número especial no hubiese salido a la luz.

Por último, los editores invitados destacan el apoyo prestado por los grupos de investigación de las universidades a los que están adscritos: Grupo de Ingeniería Agromótica y del Mar (GIAM) de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y Agua y Energía para una Agricultura Sostenible (AEAS) de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Finalmente se resalta el apoyo prestado por la empresa Telenatura EBT, S.L. para la consecución de los desarrollos tecnológicos obtenidos.

A. Ruiz-Canales (Editor Invitado)^a

J.M. Molina-Martínez (Editor Invitado)^b

^(a) Departamento de Ingeniería, Universidad Miguel Hernández de Elche, Orihuela, Alicante, España.

^(b) Departamento de Ingeniería de los Alimentos y del Equipamiento Agrícola, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Murcia, España.



SUMARIO

Línea de trabajo 1

Estimación de los balances de agua y carbono en viña a escala de hoja y de planta

- 10** Factores ambientales y agronómicos que determinan la fijación de carbono en vid

J.M. Escalona, E. Hernández-Montes, M. Tomás, H. Medrano

Línea de trabajo 2

Desarrollo de un modelo predictivo y evaluación de indicadores para estimar el balance de agua y de carbono y la eficiencia del uso del agua

- 20** Importancia del componente respiratorio en el balance de carbono en vid (*Vitis vinifera* L.)

E. Hernández-Montes, M. Tomás, H. Medrano, J.M. Escalona

- 28** Interés de la discriminación isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) como indicador de la eficiencia de uso del agua en vid

A. Bchir, J.M. Escalona, A. Gallé, H. Medrano

- 34** La eficiencia en el uso del agua en vid: vías de optimización

H. Medrano, J. Flexas, A. Pou, M. Tomás, S. Martorell, J. Gulías, M. Ribas-Carbó, X. Gago, J.M. Escalona

- 40** Variabilidad genética en la eficiencia en el uso del agua

M. Tomás, J. Bota, H. Medrano, J.M. Escalona

Línea de trabajo 3

Estudio detallado de los componentes del flujo de agua a través del continuo suelo-vid-atmósfera y su relación con el balance de carbono

- 48** Portainjertos y raíces de vid y sus mecanismos para adaptarse a un ambiente cambiante

F. de Herralde, X. Aranda, R. Savé, B. Grau, C. Biel

- 54** Distribución de raíces de diferentes portainjertos de vid en el perfil del suelo

X. Aranda, B. Grau, C. Biel, R. Savé, F. de Herralde

- 62** El cultivo de la vid como sumidero de carbono en Cataluña

R. Savé, C. Biel, I. Funes, F. de Herralde, X. Aranda



Línea de trabajo 4

Evaluación del efecto de ciertas prácticas agrícolas en los balances de agua y carbono, la producción y la calidad del cultivo

70 Empleo de una estación meteorológica comercial con filtrado de datos en tiempo real (VipMet) para la determinación de la evapotranspiración de referencia en la monitorización del riego de viña en maceta mediante lisimetría de pesada

J.M. Molina–Martínez, A. Ruiz–Canales, J.J. Rosillo, L. Ruiz–Peñalver

78 Empleo de un lisímetro de pesada comercial de bajo coste (LisiMet) para la monitorización del riego de viña en maceta

L. Ruiz–Peñalver, J.M. Molina–Martínez, J.J. Rosillo, A. Ruiz–Canales

84 Compensación de datos periódicos de peso en la monitorización del riego de viña en maceta mediante lisimetría de pesada

A. Jaén, A. Ruiz–Canales, L. Ruiz–Peñalver, H. Puerto, D. Intrigliolo, J.M. Molina–Martínez

92 Efectos del riego sobre la producción y la calidad de la uva y del vino en la variedad Bobal en Utiel–Requena

D.S. Intrigliolo, H. Puerto, I. Álvarez, M.J. García–Esparza, C. Chirivella, V. Lizama y A. Ruiz–Canales

Línea de trabajo 5

Crecimiento vegetativo, rendimiento y variación de la calidad del fruto en viñedos comerciales a lo largo de un gradiente edafo–climático. Validación de los indicadores de agua y del balance de agua y carbono

100 Balance de carbono del viñedo: cuantificación y reparto de la biomasa producida

C. Miranda, L.G. Santesteban, M. Loidi, J.B. Royo

110 Interés del ratio isotópico del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) como integrador a posteriori del estado hídrico del viñedo. Ejemplos de utilización en ‘Tempranillo’

L.G. Santesteban, C. Miranda, I. Urretavizcaya, J.B. Royo

122 Repercusiones del cambio climático en la composición de la uva y del vino de la variedad Mazuela en la DOCa Priorato

M. Nadal, A. Sánchez–Ortiz, M. Lampreave

130 Variabilidad parcelar y maduración fenólica de *Vitis vinifera* cv. Garnacha en viticultura de terrazas en la DOCa Priorato

M. Nadal, A. Sánchez–Ortiz