

ESTRATEGIAS FISIOLÓGICO-AGRONÓMICAS PARA EL CONTROL DE MADURACIÓN EN VIÑEDO

Mario de la Fuente

2026 CEIGRAM-UPM
19 Junio 2026, Madrid (España)



POLITÉCNICA



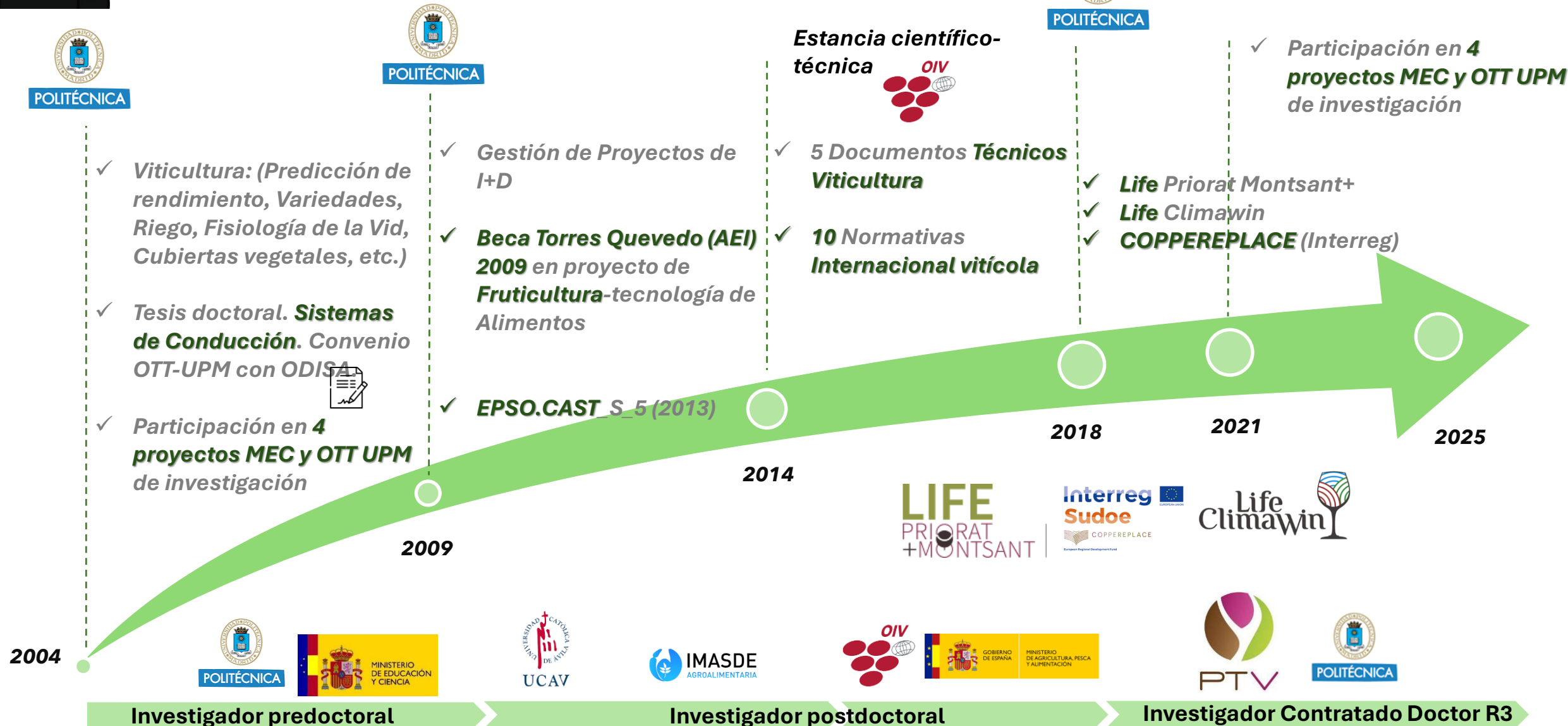
ceígram

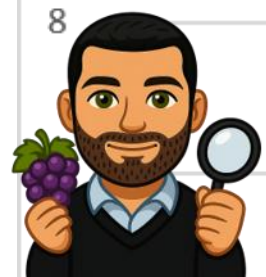
Centro de Estudios e Investigación para la Gestión
de Riesgos Agrarios y Medioambientales



Actividad investigadora

Trayectoria investigadora





Actividad investigadora

Publicaciones

44 publicaciones

11 JCR (50% Q1)

20% primer/último/único autor

19 artículos técnicos divulgativos

14 capítulos de libro

Colaboración empresas

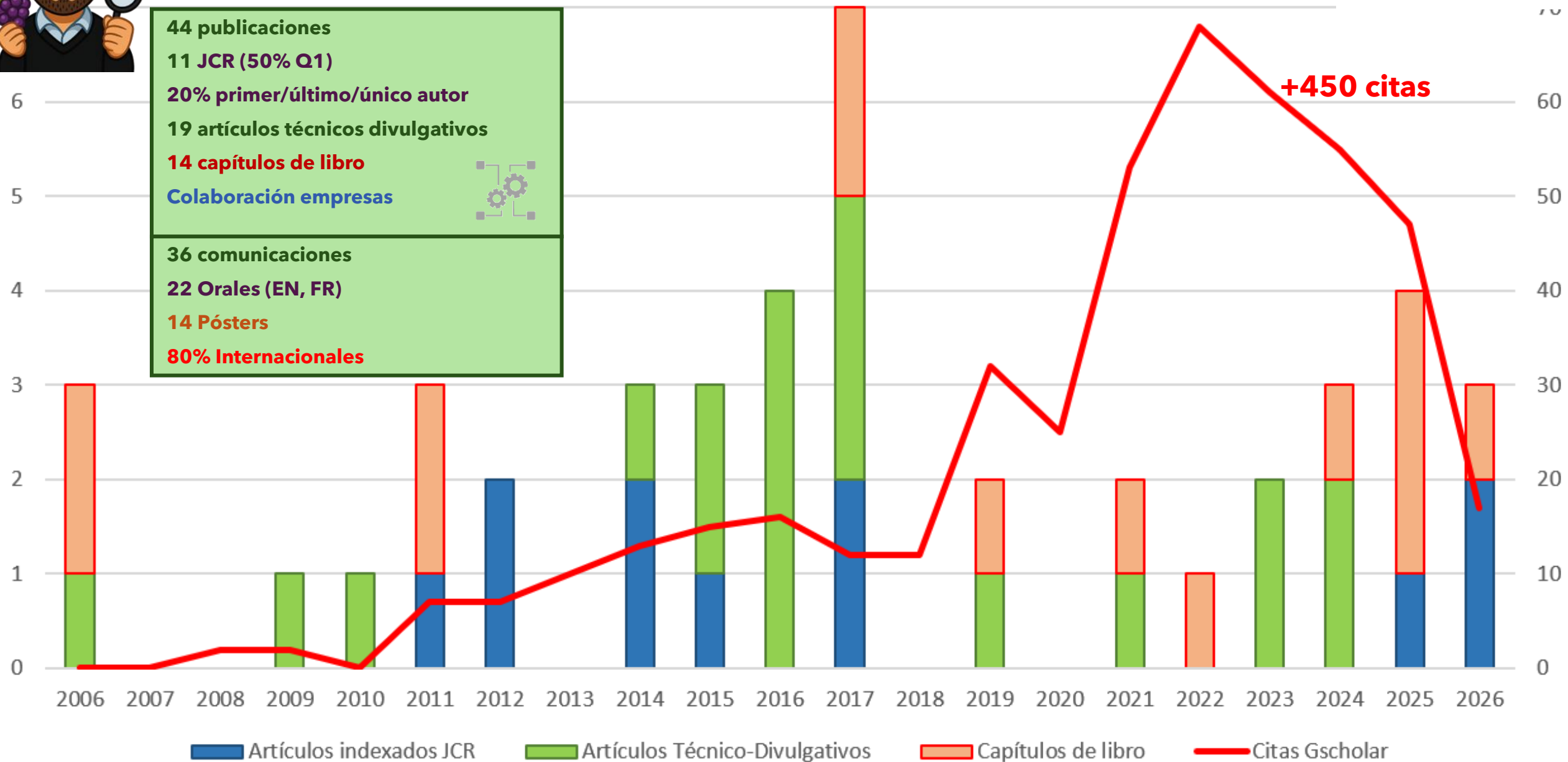


36 comunicaciones

22 Orales (EN, FR)

14 Pósters

80% Internacionales





Actividad investigadora

26 Proyectos

Proyectos con empre

Proyectos competitivos

ODISA-UPM
OTT-UPM. P030260221

FOLGUERAL CDTI.
IDI-20090137

NATURPLAN
CDTI. E! IDI-20130039

4EVERWINES
CDTI.

SIDERCAL CDTI.
IDI-20090572

ESTEVE
CDTI. E! IDI-20101190

ALTA MORAÑA
CDTI. IDI-20080113

LA VERDOSA JCLM 2010

BINO HITO 2010-117

TOMATEC
CDTI. IDI-20110688

BIGPREDIDATA
OTT-UPM PCD230220C374.

CENIT DÉMETER
CDTI. CEN-20081002

 LIFE PRIORAT+ MONSANT
LIFE-2015-ENV-ES-000399

 NOVATERRA
Horizon2020. 101000554

IMIDRA-UPM
P990260447

 COPPEREPLACE
INTERREG SUDOE 2020-2023

 ECOESPHEREWINES
INTERREG SUDOE 2023-2026

IMIDRA-UPM
AGL.1-1285-C03-
03

OTT-UPM
PCD180220C209

 GRAPEBREED4IPM
HEUROPE. 101132223

 SMARTWINERY
HEUROPE. I3. 101115013

OTT-UPM
2 PROYECTOS
MEC

OTT-UPM
RP210220C171

VIDEXPERT
REGAGE22 e000147127 92

 LIFECLIMAWIN
LIFE-2022-SAP-CLIMA.
101113943

Relaciones hídricas, variedades,
cubiertas vegetales, predicción cosecha
en viñedo.

SDC, variedades, sostenibilidad, Balances CO₂, Aplicaciones PPPS, modelos y predicción
cosecha en viñedo

2005

2009

2018

2021

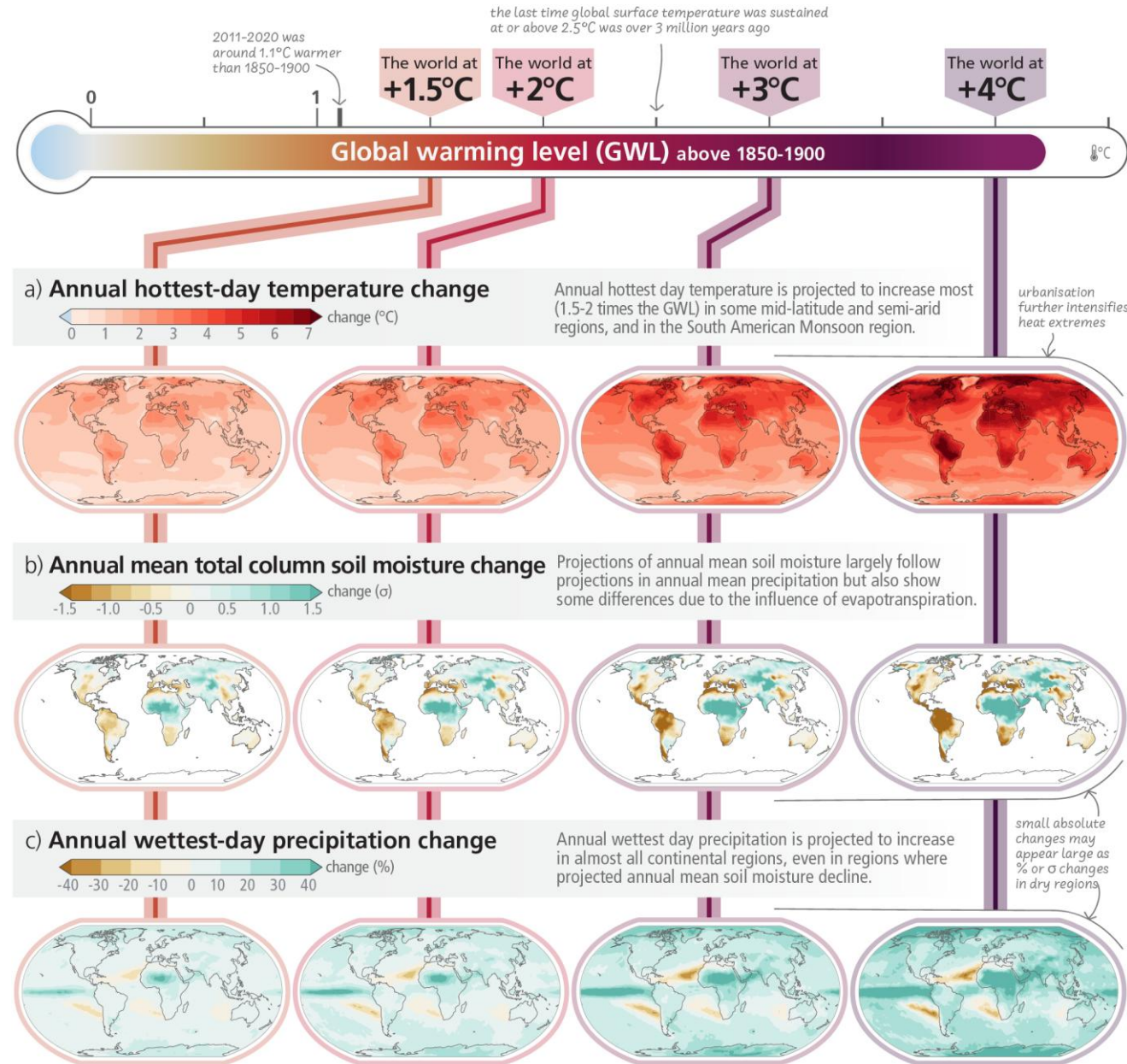
2024

Investigador predoctoral

Investigador postdoctoral

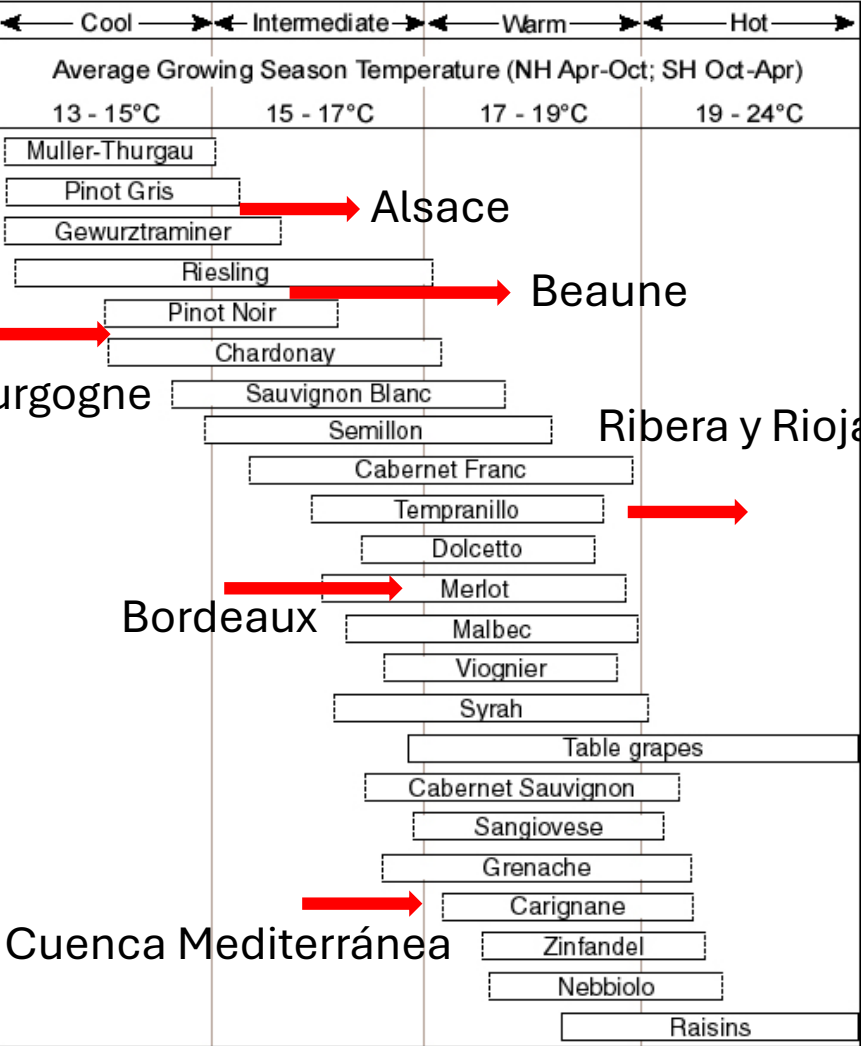
Investigador contratado doctor

With every increment of global warming, regional changes in mean climate and extremes become more widespread and pronounced



*Projected changes
(IPCC AR6 Synthesis
Report, 2023)*

Grapevine Climate/Maturity Groupings



Duración Envero-Maduración

Grupo varietal	Variedades Mediterráneas Representativas	Rango habitual duración media (días)
Ciclo corto	Chardonnay, Sauvignon blanc, Albariño, Verdejo	30 – 40
Ciclo medio	Tempranillo, Merlot	38 – 45
Ciclo medio-largo	Garnacha tinta, Syrah	42 – 50
Ciclo largo / muy largo	Airén, Cabernet Sauvignon, Petit Verdot	50 – 65

 **Fuente:** *Elaboración propia a partir de:* Pierre Galet – Dictionnaire Encyclopédique des Cépages; J.-M. Boursiquot (INRA/Montpellier SupAgro) – clasificación fenológica comparada. F. Cabello et al. (2011) – Variedades de vid cultivadas en España. V. Sotés Ruiz – Fenología y adaptación al medio mediterráneo. Tablas fenológicas españolas (ITACYL, IVICAM, textos universitarios, etc.

 **Jones, G.V. 2006.** *Climate and Terroir: Impacts of Climate Variability and Change on Wine. In Fine Wine and Terroir.*

🌿 *Objetivos de Maduración en clima cálido*



Ralentizar la acumulación

de azúcares en baya = menor

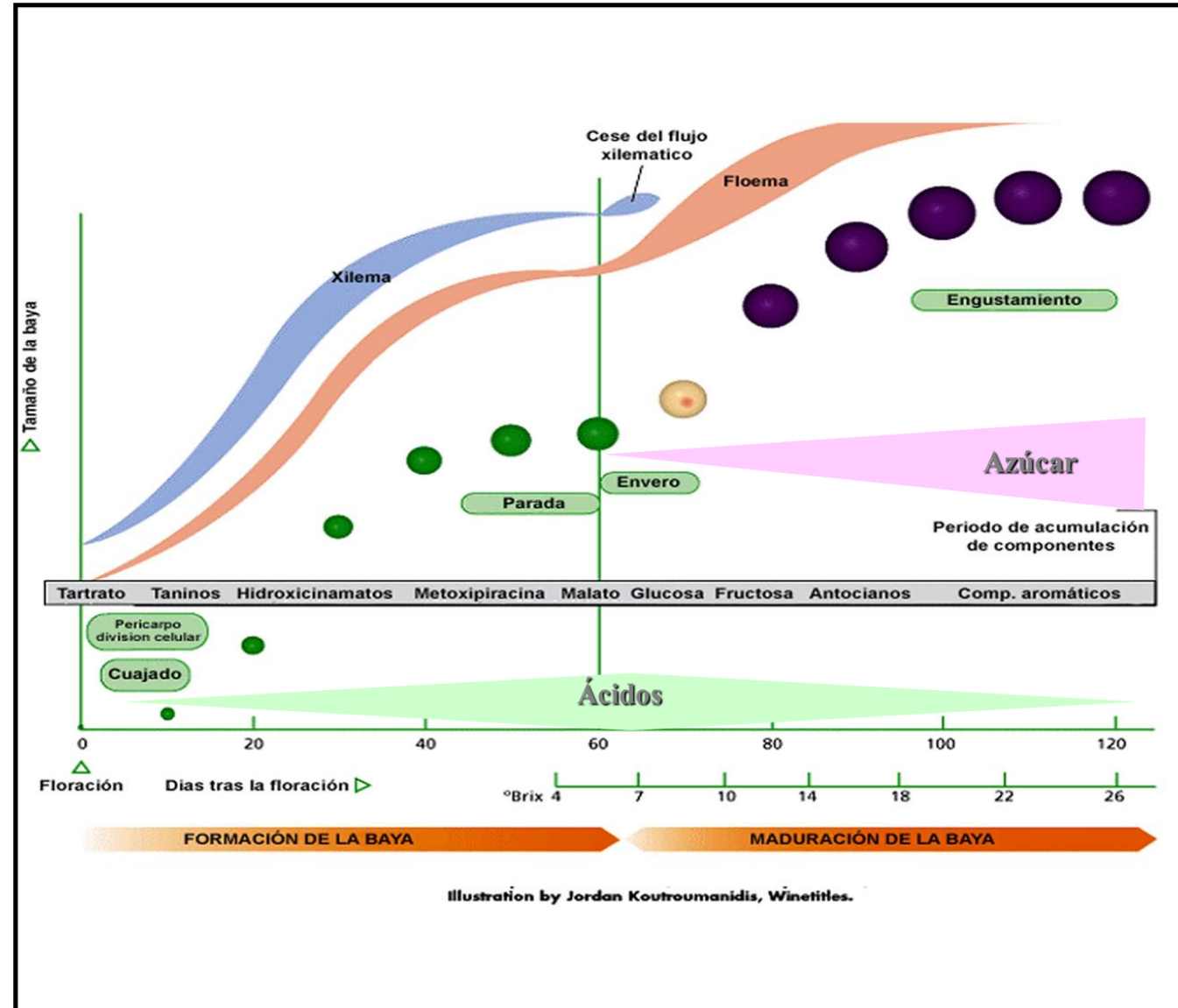
°Brix y alcohol probable



Mantener la acidez o no perderla

rápidamente = mayor acidez y menor

pH en mosto

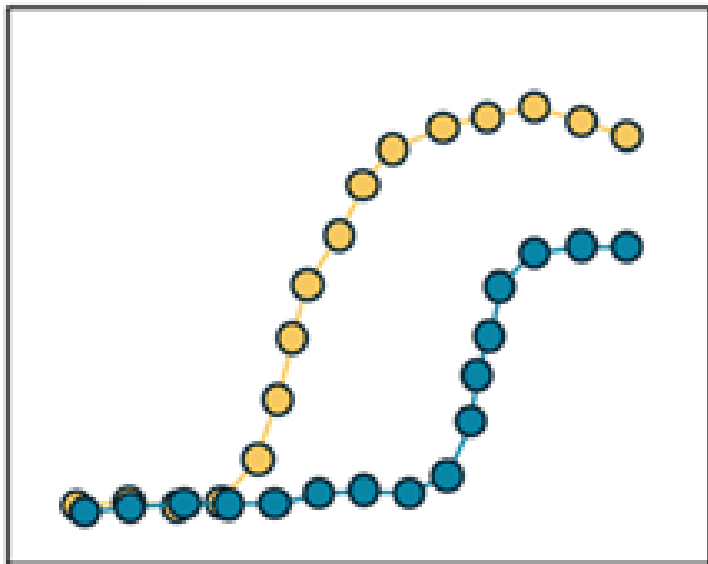


Opciones en clima cálido (largo plazo)

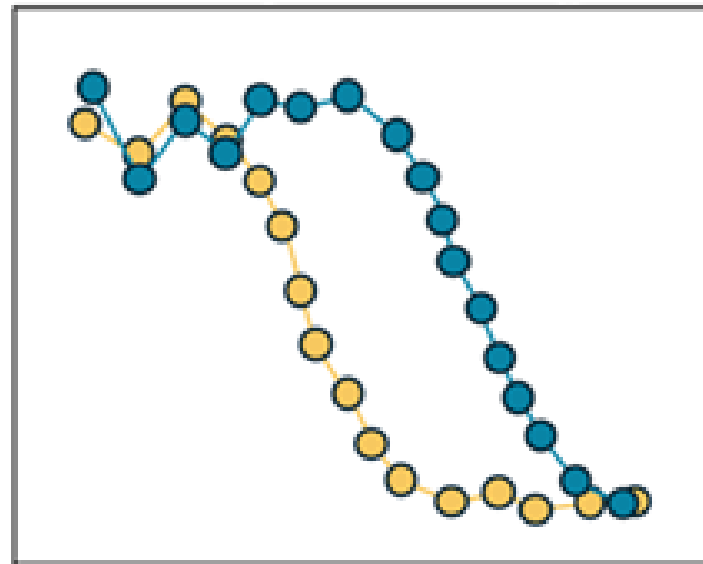
 ***Elección de la variedad/patrón ¿Genética de variedades?***

 ***Elección del sitio y exposición, orientación, etc.***

 ***Acumulación de azúcares***



 ***Pérdida de acidez***



¿TCC? ¿Duración de estos procesos?

 **Slow ripening**

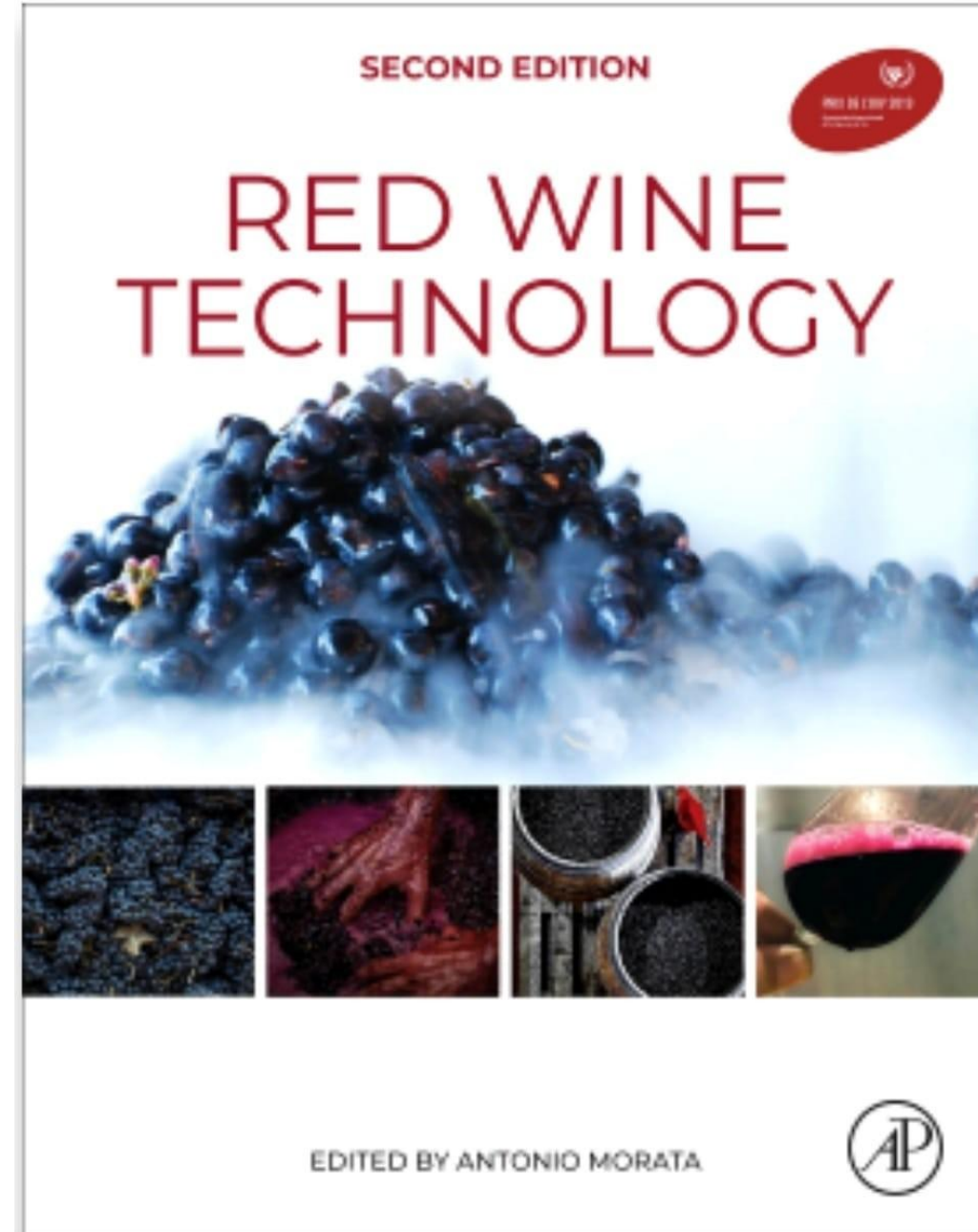
 **Normal ripening**

Acciones en viñedo-planta

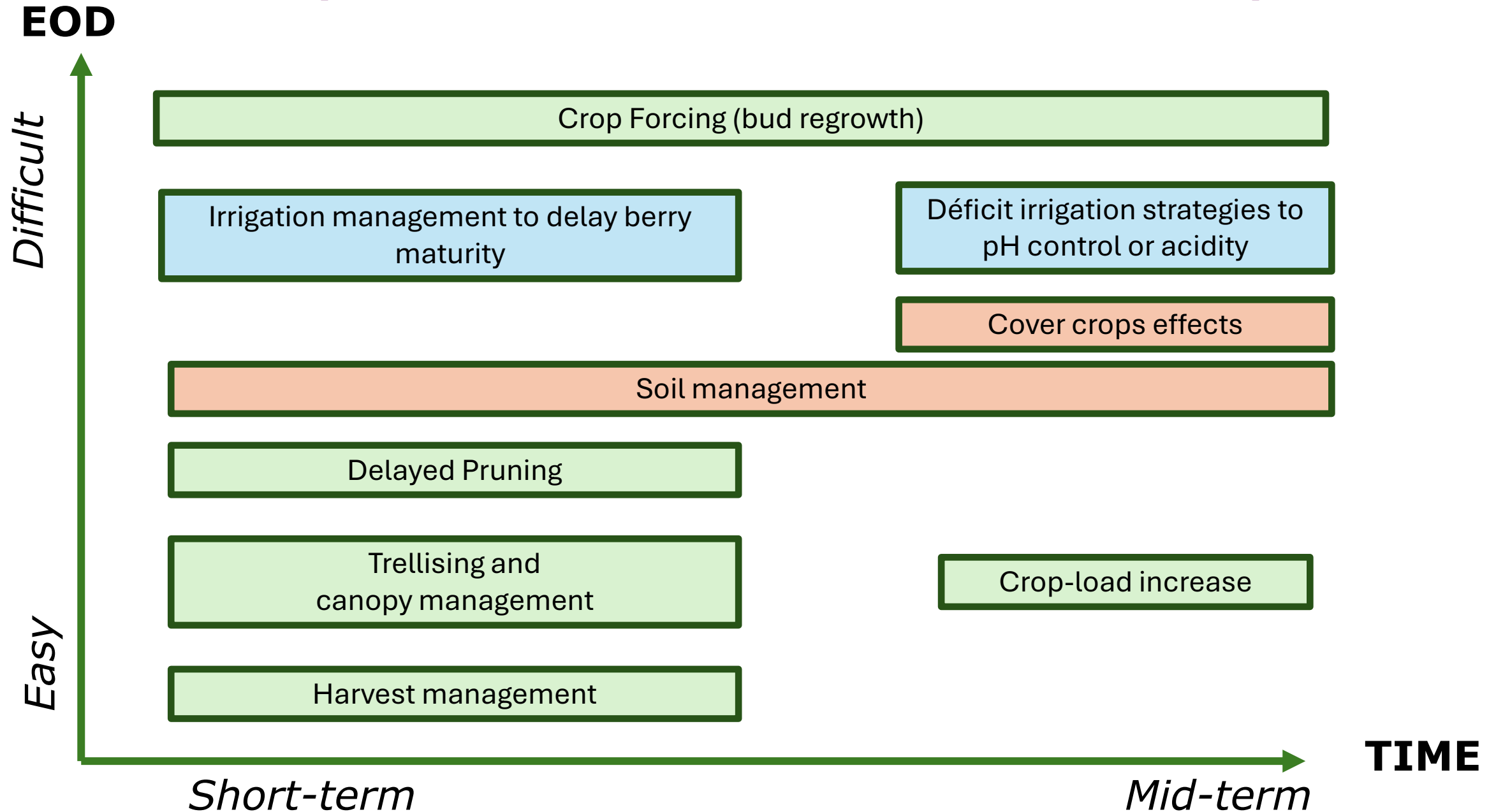
Chapter 2. Viticulture management for red grape quality

Mario de la Fuente*, Ruben Linares, Pilar Baeza and José Ramón Lissarrague

Red Wine Technology. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-33914-1.00013-1>



Opciones en clima cálido (medio-corto plazo)



Acciones en viñedo-planta

 ***Retrasar el ciclo vegetativo-reproductivo de la viña: poda tardía, forzado, incremento de carga, retrasar y dividir la vendimia, etc.***

 ***Modificar la relación área foliar/rendimiento (LAI or SA/Yield ratio):***

 ***Manejo del canopy (poda mínima, despunte, deshojado tardío, etc.).***

 ***Exposición solar (sistemas no posicionados, sombreado parcial del canopy, orientación de las filas, etc.).***

 ***Disminución del rendimiento (incremento de carga, aclareo de racimos,...).***

Poda Tardía. Resumen

 **Retrasa la Maduración (más de dos meses).**

 **Incrementa la acidez (15-35%) y la composición fenólica (<34%)**

 **Bajada significativa del rendimiento (hasta un 75%).**

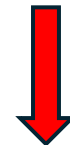


Authors	Pruning delayed	Variety	Maturity Delayed (days)	Polyphenols (TPP) variation	Acidity increase (%)	pH decrease	Brix degree (%)	Berry weight loss (%)	Yield decrease (%)
Martinez Moreno et al., 2019	23 days	Tempranillo	49_62	7	35	0.06	ns	-19	-22
Pallioti et al., 2014	1 Month-4 months	Sangiovese	-	-	25	<0,11	-5	+18_23	<- 67
Zhen et al., 2017	Dormant bud (A) vs Green tip (C) (Baggiolini escale)	Maturana	10_20	ns	ns	ns	ns	-11	ns
Zhen et al., 2017	Dormant bud (A) vs Flowers separated (H) (Baggiolini escale)	Maturana	10_20	27_34	15_20	-0,1	ns	+12	- (60_75)
Petrie et al., 2017	Five pruning dates (from winter up to 3 weeks after budburst	Cabernet and Shiraz	19_42	13	16	-0,06	ns	-(16_20)	-(45_65)

 **¡Momento de poda es la clave!**

 **Muy temprano = Poco efecto**

 **Muy tarde (floración) = Mucho retraso y rendimiento**



Incremento de carga. Resumen

 **Retrasa la Maduración y/o Reduce la acumulación de azúcares (10-15%)**

 **No varía la acidez ni la composición fenólica**

 **Incremento significativo del rendimiento (más del doble), aunque baya más pequeña.**



 **Foto:** Viñedo con carga alta para retrasar maduración en Cornell (NY) de Traminette (Martinson y Vanden Heuvel, 2007).

Authors	Crop load (shoot/plant)	Variety	Maturity Delayed (days)	Polyphenols (TPP) variation	Acidity (%)	pH variation	Brix degree (%)	Berry weight loss (%)	Cluster per vine (%) increase	Yield increase (%)
De la Fuente et al., 2016	12 vs 18	Syrah	-	ns	ns	ns	ns	-10	35	16
Molitor et al., 2019	12	Pinot Blanc	<11	-	-	-	10	-	-	78
Pallioti et al., 2014	9 vs 16.3	Sagrantino	-	-	ns	ns	ns	ns	68	66
Martínez de Toda y Sancha, 1999	14 vs 53	Garnacha	-	-	ns	ns	15	ns	59	48

 **LAI/Y ratio es equilibrado alrededor de 1 m²/kg. 0,8 m²/kg retrasa la maduración. Límite 0,5 m²/kg**

 **Requiere un gran manejo de recursos (agua) en la planta.**

“Posibilidad de corregir con un aclareo de racimos entre brotación y envero”

Forzado de yemas. Resumen

 **Retraso significativo de la Maduración tras cuajado (1 a 2 meses).**

 **Reduce la acumulación de azúcares (10-15%)**

 **Incrementa la acidez (11%) y la composición fenólica (+40%).**

 **Reducción significativa del rendimiento (-34-93).**



 **Foto:** Forzado (A), pámpano con una segunda brotación (B), inflorescencia (C) y vendimia (D) ([Cabral et al., 2023](#)).

Authors	Variety	↑ ↑ ↑ ↑ ↓ ↓ ↓ ↓							
		Maturity Delayed (days)	Polyphenols (%TPP) increase	Acidity increase (%)	pH decrease	Brix degree (%) loss	Berry weight loss (%)	Cluster per vine (%) loss	Yield loss (%)
Lavado et al., 2022	Tempranillo	30_60	25-35	12_21	-0,3	4	43	35-56	50-71
Cabral et al., 2023	Touriga nacional	27_51	25-48	20-50	-0,7	17-44	<38	55-81	<92
Martinez de Toda et al., 2019	Tempranillo	34_65	<21	56-60	-0,37	30	13-52	<86	<77
Martinez Moreno et al., 2019	Tempranillo	49_62	50	36-45	-0,7	3_15	<44	<37	81-93
Oliver-Manera et al., 2023	Tempranillo	39_63	23	-55	-0,3	4	38	35	34
Tian and Gu, 2009	Cabernet Sauvignon	63_82	43-96	-	-	-	-	-	-
Poni et al., 2021	Pinot noir	-	(43,8_47,3)	2	-0,1	6	6_13	0	39_52

 **!Momento del forzado; es clave:**

“Incluso con el riesgo de perder rendimiento, técnica interesante para acoplar madurez fenólica y sacarimétrica”.

“Estudiar el efecto en campañas posteriores en la planta”

 **Más eficaz después de la antesis.**

 **Reduce el estrés hídrico en maduración.**

Doble vendimia

 **Retrasar el ciclo vegetativo-reproductivo de la viña:**

 **Basada en vendimiar en momentos separados: temprano (acidez) y tardío (madurez). Mucha flexibilidad en bodega.**

 **Mosto y estabilizar para fermentar posteriormente juntos**

 **Vinos y ensamblaje posterior.**

 **¡Muy útil! en variedades de maduración rápida (Tempranillo).**

 **Posibilidad de usar hollejos de composición diferente según criterios enológicos.**



 **Foto:** Vendimia de precisión (Proffit, T., Bramley, R., Lamb, D and E. Winter. (2006). Precision Viticulture. Ed. Winetitles. 90 pp.

Manejo del Canopy

 **Modificar la relación área foliar/rendimiento (LAI or SA/Yield ratio):**

 **Basada en reducir el área foliar en un momento determinado.**

 **Despunte:** Siempre después de cuajado retrasa maduración (20 días) e incrementa antocianos (8-16%), reduciendo rendimiento (<16%).

 **Severo:** Temprano. Antes de floración (¡ojo al cuajado!). Recuperación del área foliar (baja carga, riego,...) o secundarios. Interesante en climas templados.

 **Tardío.** No recuperación (clima árido, sin riego, cargas altas...). Retrasa, incrementa la acidez (12%; málico), pero no madura bien y baja el rendimiento (14%).

 **Deshojados tardíos:** Antes del envero. Basal (no climas cálidos) vs apical (post-envero). Reduce fotosíntesis (baja acumulación de azúcares, °Brix) e incrementa acidez.

 **Poda mínima.** Incrementa el número de racimos (rendimiento) y reduce costes, retrasando la maduración e incrementando la acidez.



 **Fotos:** Despunte severo y deshojado basal tardío (Martínez de Toda, 2009). Poda mínima mecanizada (Kurtural y Fidelibus, 2021)

Manejo del Canopy. Resumen

 **Retraso significativo de la Maduración (hasta 1 mes).**

 **Reduce la acumulación de azúcares (3-15%) y el pH.**

 **Varía la composición fenólica (-33%; +50%).**

 **Reducción del rendimiento (-7-26%), menos racimos (5-40%) y baya más pequeña .**



Authors	Technique	Variety	Maturity Delayed (days)	Polyphenols variation (%)	Acidity variation (%)	pH decrease	Brix degree los (%)	Berry weight variation(%)	Cluster per vine (%) loss	Yield loss(%)
Buesa et al., 2016	Late Leaf Removal	Bobal	<5	-(23-33)	+(2-4)	-0,03	-9	<9	5-11	-(10-14)
Buesa et al., 2016	Late Leaf Removal	Tempranillo	<22	+(5-17)	-(8-15)	-0,6	-3	<22	10-20	-(16-26)
Palliotti et al., 2013	Late Leaf Removal	Sangiovese	<15	ns	ns	ns	-5	ns	ns	ns
Martinez de toda and Balda, 2013	Trimming (single and double)	Garnacha	< 20	-(10-27)	ns	-0,03	-15	-(15-23)	-(33-39)	-15
Martinez de toda et al., 2014	Trimming	Tempranillo	<20	+9	-	-	0	-15	-	-16
Martinez de toda et al., 2014	Trimming	Garnacha	<20	+(8-16)	-	-	0	-10	-	-(7-11)
Santesteban et al., 2017	Severe trimming	Tempranillo	5_7	+4	+12	0	-4	+10	-11	-14
Zheng et al., 2016	Severe trimming	Tempranillo	14_23	ns	<16	-0,14	Ns	+9	-	ns
Zheng et al., 2017	Severe trimming	Garnacha	16_20	+(45-55)	+(8-12)	-0,17	-(10-11)	ns	-	ns

“Mucha interacción con el Riego entre envero y maduración”.
“Estrategias flexibles y efectivas para manejar la adaptación al CC”

🍀 Exposición solar. SDCs. Resumen

- 🍇 **Retraso significativo de la Maduración (hasta 1 mes).**
- 🍇 **Incrementa la acidez (12%).**
- 🍇 **Incrementa la composición fenólica (15-40%).**
- 🍇 **Incrementa o mantiene el rendimiento (<18%), más racimos (5%) y varía la baya (según carga en planta).**



🍇 Foto: Sprawl en Toledo ([de la Fuente et al., 2026](#))

Authors	Technique	Variety	Maturity Delayed (days)	Polyphenols/A nthocyanins variation (%)	Acidity increase (%)	pH decrease	Brix degree (%)	Berry weight variation(%)	Cluster per vine (%)	Yield (%)
Buesa et al., 2020	West 30° row orientation	Bobal	-	+16	ns	ns	ns	+7	+5	+18
De la Fuente et al., 2023	Sprawl system	Tempranillo	-	+40	0	0	+7,4	+12	-	-
De la Fuente et al., 2016	Sprawl system	Syrah	-	+(15-21)	+12	0	0	-7	-	-

“Mucha interacción con Riego y carga en planta”.
“Estrategias flexibles y efectivas para manejar la velocidad de maduración”

🍀 **Fijada al inicio (orientación filas) vs manejo (redes, SDC...)**

🍀 **Mejora del microclima de la superficie foliar y de los racimos (aireación, ventilación, mejor exposición...).**

🍀 **Mejora de la WUE (10%) en climas cálidos**



Disminución del Rendimiento



Modificar la relación área foliar/rendimiento (LAI or SA/Yield ratio):



Basada en la reducción de carga (aclareo de racimos)



Muy útil en variedades fértiles (más de 2 racimos por pámpano).



Momento de aplicación: más temprano implica menor gasto de la planta en fotoasimilados al sumidero (racimo).



Posibilidad de ayudas para su ejecución.



Complementaria con el incremento de carga



Resultados similares pero con mayor gasto y esfuerzo.



 **Foto:** Aclareo de racimos ([El norte de castilla., 2021](#))



Conclusiones



Poda tardía: Retrasa la maduración, aumenta acidez y compuestos fenólicos, pero reduce el rendimiento.



Incremento de carga : Incrementa mucho el rendimiento sin afectar mucho el peso de baya, pero reduce el grado Brix o retrasa la maduración.



Forzado del cultivo: Retrasa la maduración 1–2 meses y mejora la acidez y fenoles, pero reduce **drásticamente** el rendimiento.



Doble cosecha: Control de la maduración, simple y mejora el equilibrio para fermentación en climas cálidos (alta acidez, menos azúcar, hollejos maduros).



Conclusiones



Poda mínima: Más racimos y mayor rendimiento, con bayas menores; retrasa >2 semanas y mejora acidez y polifenoles.



Adaptaciones del sistema de conducción: Modificando luz y exposición se puede retrasar la maduración (orientación, sombreo, manejo del canopy).



Despunte: Reduce el dosel y disminuye la relación LAI/Rendimiento, baja el rendimiento pero mejora acidez y fenoles. Retrasa la maduración.



Deshojado tardío: Retrasa la vendimia 1–2 semanas, reduce la acumulación de azúcar y apenas afecta otros componentes de la uva ni las reservas de la vid.



Presentación del presente trabajo



Ponencia Invitada en GIENOL (13-16 Abril 2026; Córdoba)



Ponencia Invitada en Enoforum (20-21 Mayo 2026; Zaragoza).



Ponencia Invitada en Oenoviti International (20-22 Mayo 2026; Porto)





Proyectos Actuales



VIDCLIMA. Plataforma Digital Avanzada para la Adaptación y Gestión Inteligente de Variedades de Vid frente al Cambio Climático (GO 2025)



Tempranillo y Viura (2026-2029)



PTV
PLATAFORMA
TECNOLÓGICA
DEL VINO



Martín Códax
Bodega Martín Códax, S.A. E.

GONZÁLEZ
BYASS

PAGO DE CARRAOVEJAS
FINCA Y BODEGA

FAMILIA
TORRES
Bodega Torres, S.L.

SPECTRALGEO



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
AGRARIO

artica⁺



Experimental Plot Design:

- ✓ 1.000 plants per plot/trial:
 - 25 varieties (15 red grapes + 10 White grapes).
 - 4 blocks or replicates.
 - 10 plants/ block and variety.
- ✓ Grafted on 110 Richter rootstock.
- ✓ Training system: Royal bilateral cordon. VSP trellising system.
- ✓ Vine and row spacing: (1,10m- 1,30m) x (2,60m- 3,0m).

DISEÑO EXPERIMENTAL: Red OBSERVATORIO de VARIEDADES																													
		Ensayo de TINTAS																Ensayo de BLANCAS											
Norte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bloque 4 (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bloque 3	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Bloque 2	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
Bloque 1 (S)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
Sur	Nº 16: variedad tinta local																Nº 11 y 12: variedades blancas locales												



Proyectos Actuales

 **REGIVIT.RED SUPRAAUTONÓMICA PARA LA TRANSICIÓN HACIA UNA VITICULTURA REGENERATIVA Y RESILIENTE (GO 2025)**

 **Líder INNOVI. Participantes (Torres, Viñas del Vero, Paco y Lola, IDForest, AZOLLA).**

 **Demostración de que las cubiertas vegetales incrementan biodiversidad funcional del viñedo en diferentes condiciones agroclimáticas, con protocolos de implantación adaptados a distintas zonas vitícolas.**

 **Diseño experimental de ensayo en común con el resto de participantes del proyecto, sobre el empleo de cubiertas vegetales.**

 **Asesoramiento de ensayos experimentales de las bodegas para la caracterización agronómica, estado nutricional y composición del mosto de los tratamientos estudiados. Seguimiento de uno de los socios (Paco y Lola).**

Mario de la Fuente

Assistant professor and
Researcher in Crop Production,
Ecophysiology and Viticulture

mario.delafuente@upm.es



POLITÉCNICA



ceigram

Centro de Estudios e Investigación para la Gestión
de Riesgos Agrarios y Medioambientales

