Evaluación de la sostenibilidad de tres sistemas de cultivo de viña característicos de la Región de Murcia

Begoña García-Castellanos, Benjamín García-García y José García-García*

Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA). Calle Mayor s/n, 30150 La Alberca, Murcia

Resumen

En el presente trabajo se evalúa la sostenibilidad de tres sistemas de cultivo de viña característicos de la Región de Murcia: cultivo en vaso en secano, cultivo en espaldera en regadío para vinos v.c.p.r.d. (vino de calidad producido en una región determinada) y, por último, cultivo en regadío destinado a vino de mesa o a granel. Para ello se realizó el análisis descriptivo económico, social y ambiental de los sistemas mediante las metodologías de análisis financiero y análisis de ciclo de vida. En la situación actual, en la que el sistema de pago mayoritario de la uva para vino es por kilogrados, el sistema de regadío para vinos a granel es el más rentable y el más favorable socialmente, debido a la mayor producción. Sin embargo, considerando la competitividad en base a aspectos de calidad y medio ambientales, los sistemas de cultivo en secano y en regadío para vinos v.c.p.r.d. son los que debieran potenciarse. Ahora bien, para que sean sistemas sostenibles es necesario que la calidad de la uva juegue un papel importante en el sistema de pago, de tal manera que se alcancen unos valores óptimos de rentabilidad que permitan superar la vulnerabilidad económica actual de dichos sistemas.

Palabras clave: Costes, viabilidad, socioeconomía, análisis del ciclo de vida.

Sustainability assessment of three vine cropping systems in the Region of Murcia

Abstract

In this paper, the sustainability of three characteristic vineyard cropping systems in the Region of Murcia was evaluated. More specifically, we analysed vines in dry farming, irrigated trellis for quality wines produced in a specific region and irrigated trellis for table wines. Descriptive economic, social and environmental analyses of these systems were carried out using financial and life cycle analysis methodologies. Currently, where the major payment system for wine grapes is based on the kilogrades, the irrigation system for table wines is the most relevant one in terms of profitability and job creation. However, considering competitiveness, mainly based on quality and environmental aspects, dry farming and irrigated trellis for quality wines are the systems that should be enhanced. Nevertheless, the quality of the grape must play an important role in determining the payment system to achieve the optimal values of profitability. It would make also possible to overcome the current economic vulnerability of these systems.

Keywords: Costs, viability, socioeconomics, life cycle assessment.

* Autor para correspondencia: jose.garcia21@carm.es

Cita del artículo: García-Castellanos B, García-García B, García-García J (2022). Evaluación de la sostenibilidad de tres sistemas de cultivo de viña característicos de la Región de Murcia. ITEA-Información Técnica Económica Agraria 118(1): 137-157. https://doi.org/10.12706/itea.2021.020

Introducción

La viticultura europea es la primera del mundo en superficie, producción y consumo. No obstante, este liderazgo se ha reducido en los últimos años, tanto por la aparición de nuevos países productores como por las políticas de ajuste promovidas por la UE. España es uno de los grandes productores de vino a nivel mundial, estando a la cabeza en el ranking por superficie plantada (921.642 ha), por delante de Italia y Francia, aunque tercero en términos de producción y en el valor de la misma (OIV, 2019). Esto indica el camino que queda por recorrer tanto en tecnología como en la calidad de los vinos, con la finalidad de elevar los rendimientos y el valor de la producción. El sector vitícola tiene una gran importancia económica a nivel nacional ya que aporta casi el 4,8 % de la Producción de la Rama Agraria (MAPA, 2020). Pero además de este notable peso económico, también posee un significativo valor social y ambiental, debido a la población que fija al territorio rural, así como al papel que desempeña en la preservación del medio ambiente (Ferrer *et al.*, 2020).

El cultivo de viña en la Región de Murcia está localizado en las zonas del Altiplano, Valle del Guadalentín y Noroeste, y queda configurado en tres Denominaciones de Origen (DO): Jumilla, Bullas y Yecla. La superficie de viñedo en 2017 era de 23.313 ha, mientras que en 2009 fue de 35.437 ha (CARM, 2019). Es decir, en 8 años ha habido una reducción de superficie del 34,22 % (12.124 ha), como resultado principalmente del acusado descenso de la superficie destinada a secano (–35,2 %). En el caso del regadío la superficie ha disminuido ligeramente como consecuencia de limitación en la disponibilidad y elevado precio del agua. En cualquier caso, esta situación es resultado principalmente del bajo precio de la uva, que ha supuesto que muchas explotaciones no sean viables (García García, 2016). El principal factor para que esto sea así es el empleo del sistema tradicional de pago por kilogrados, que favorece a las viñas en regadío que tienen una mayor producción, y perjudica a los sistemas de secano que son económicamente más vulnerables, pero, también, a los de riego deficitario controlado (RDC) (Romero Azorín y García García, 2020). El RDC consiste en la reducción de aportes hídricos de forma controlada en aquellos períodos fenológicos en los que un déficit hídrico moderado no afecta sensiblemente a la producción y calidad de la cosecha. Ante esta situación los viticultores han tratado de aumentar los rendimientos, reducir costes y a su vez han ido aumentando el tamaño de las explotaciones con el fin de alcanzar la viabilidad. Este aumento ha tenido lugar de manera progresiva y ha supuesto que la explotación media de viña en Murcia sea la de mayor superficie a nivel nacional (MAPA, 2018).

En otro orden de cosas, el sector agroalimentario se enfrenta a un mercado con una creciente demanda de productos procedentes de sistemas productivos sostenibles. La preocupación de los consumidores respecto a la seguridad alimentaria y al medioambiente ha provocado que por una parte la UE exija unas normas de calidad a los productos y el cumplimiento de unas prácticas respetuosas con el medio (DOUE, 2012). Y por otra, ha estimulado el interés de muchas empresas que están utilizando características socioeconómicas y ambientales como un instrumento para la diferenciación comercial de sus productos. En la senda del desarrollo sostenible deben cambiar los modelos operacionales actuales, disminuyendo el consumo de materias primas y energía, así como minimizando los impactos ambientales. El sector agroalimentario se encuentra entre los sectores económicos más contaminantes (Beccali *et al*., 2009), produciendo alrededor del 10 % de las emisiones europeas de gases de efecto invernadero (EEA, 2012), aproximadamente del 90 % de las emisiones de contaminantes aci-

dificantes y agotando casi el 34 % de los recursos de agua dulce (EEA, 2014). Por este motivo la reducción de los impactos representa el desafío más ambicioso para los países productores y ha sido fuertemente apoyado por la UE (COM, 2019). Ahora bien, dentro de las distintas actividades económicas es probablemente el sector agrícola el que ha experimentado un mayor avance en el campo de la sostenibilidad (Kajikawa *et al*., 2014). El sector vitivinícola nacional y regional está experimentando una evolución significativa frente a los desafíos de la competencia en los mercados internacionales y debe responder a los compromisos de mejorar la sostenibilidad. La Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV) en su definición de la vitivinicultura sostenible entiende que se trata de una estrategia global que tiene en cuenta, en todas sus fases productivas, la sostenibilidad económica de un territorio que genera productos de calidad, así como los riesgos medioambientales, la seguridad de los productos y la salud de los consumidores, así como otros aspectos sociales (OIV, 2008).

El objetivo del presente trabajo es analizar la sostenibilidad de tres sistemas de cultivo de viña característicos de la Región de Murcia: a) secano con formación en vaso; b) regadío con formación en espaldera para vinos de calidad producidos en regiones determinadas (v.c.p.r.d); y c) regadío en espaldera para vino granel o de mesa. Para ello, primero se establecieron las tres explotaciones tipo, y segundo se realizó el análisis descriptivo económico, social y ambiental de los sistemas mediante las metodologías de análisis financiero y análisis de ciclo de vida.

Material y métodos

Las zonas de cultivo de uva para vinificación en la Región de Murcia presentan un clima mediterráneo continental. Las precipitaciones son escasas y se caracterizan por su irregularidad, produciéndose mayormente en primavera y otoño. La precipitación media anual en los últimos 20 años, calculada a partir de datos del Sistema de Información Agraria de Murcia (SIAM, 2020), es de 297 mm. Al ser zonas de interior no reciben la influencia del mar, presentando temperaturas más extremas. La estación estival supera con frecuencia los 30 °C, alcanzándose más de 35 °C. Los inviernos son fríos llegando a temperaturas bajo cero. Los suelos son calizos, con baja materia orgánica y con texturas franco-arcillosas y franco-arcillo-arenosas (Romero *et al.,* 2015 y 2018). En la Región, el 96 % de la producción de uva corresponde a variedades tintas, siendo la más extendida la Monastrell que representa el 81 % del total (CARM, 2019). En el sureste español se concentra el 99 % de la superficie nacional de la Monastrell; se trata de una variedad muy localizada y adaptada a las condiciones limitantes edafoclimáticas de este territorio.

Recopilación de datos

Los datos de las explotaciones y los procesos productivos se obtuvieron de varias fuentes. Se realizaron 30 encuestas, efectuadas *in situ* a viticultores de las tres DO, con la colaboración con COAG (Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos). Los tamaños de las fincas encuestadas y sus producciones medias son representativas de las explotaciones vitícolas profesionales de la Región (regadío: 5-15 hectáreas y producción media de 7.000-14.000 kg/ha; secano: 12-40 hectáreas y producción media entre 3.000-4.000 kg/ha). También se obtuvieron datos a través de técnicos del sector que trabajan en las Oficinas Comarcales Agrarias y de los Centros Integrados de Capacitación y Experiencias Agrarias. Asimismo, se consultaron datos en la bibliografía relacionada (CE, 2006; MARM, 2010; Fernández Alcázar, 2011; García García *et al*., 2012; García García, 2016; Romero *et al*., 2018; Romero Azorín y García García, 2020).

Explotaciones tipo

De las distintas alternativas productivas de uva para vinificación se seleccionaron tres sistemas de cultivo: a) secano con formación en vaso; b) regadío con formación en espaldera para vinos de calidad producidos en regiones determinadas (v.c.p.r.d); y c) regadío en espaldera para vino granel o de mesa. Las características de las parcelas tipo de cada sistema se muestran en la Tabla 1. La vida útil estimada de la viña de secano es de 30 años, con 2 años de formación e improductivos, y un tercer año de entrada en producción, en el que se considera que la producción es del 50 %. Los 27 años restantes se consideran productivos. En viña de regadío, tanto para vinos v.c.p.r.d. como para vinos a granel, la vida útil coincide en ambos sistemas y es de 25 años, con 1 año de formación e improductivo. El segundo año, la vid entra en producción y se considera que la producción es del 50 %. Los 23 años restantes se consideran totalmente productivos.

Tabla 1. Características generales de los tres sistemas de cultivo de uva para vino.
Table 1. General characteristics of the three vine grape cropping systems.

	Secano en vaso	Regadío en espaldera	
		v.c.p.r.d.	Granel
Vida útil (años)	30	25	25
Parcela tipo (ha)	30	10	10
Maco de plantación (m×m)	2,5×2,5	3,0×1,2	3,0×1,2
Número de cepas/ha	1.600	2.780	2.780
Riego (m^3/ha·año)	–	1.219	2.273
Producción (kg/ha·año)	3.200	8.000	12.000

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

Inversiones

Las inversiones en la viña en secano con formación en vaso comprenden una nave de aperos, las operaciones de la plantación y el material auxiliar (tijeras, aperos, capazos,…). La preparación y plantación del terreno incluye arranque con vertedera de las anteriores cepas, recogida de las mismas, despedregado, refino y nivelación, marcado y plantación de barbados (Tabla 2). Con los barbados ya enraizados se realiza el injertado.

En ambos sistemas de viña en regadío se realizan las mismas inversiones puesto que tanto la dimensión de la explotación como el marco y los activos son muy similares. Corresponden a la nave de aperos y del cabezal, plantación, material auxiliar, cabezal de riego, red de riego, y embalse regulador. Para la preparación del terreno y plantación se llevan a cabo labores de arranque con vertedera de cepas y recogida de las mismas, despedregado, refino y nivelación, marcado y plantación de la viña ya injertada y colocación de espaldera. La espaldera está constituida por un alambre de formación y tres de vegetación. Los postes, tensores, y anclajes son en acero galvanizado, y los alambres son

Tabla 2. Consumo de factores asociados a la inversión (ha) y al ciclo anual de producción (ha y año).
Table 2. Consumption of factors associated with investment (ha) and the annual production cycle (per ha and year).

	Secano en vaso	Regadío en espaldera	
		v.c.p.r.d.	Granel
		Inversión	
Nave de aperos (m^2)	50,00	80,00	80,00
Preparación y plantación			
Maquinaria (h)	27,50	29,50	29,50
Diésel (L)	485,48	514,86	514,86
Embalse de riego (m^3)	–	504,72	977,10
Cabezal de riego (m^3/h)	–	50,00	50,00
Red de riego (tubería PBD, m)	–	3.400	3.400
Espaldera (metales, kg)	–	2.213	2.213
Estiércol (kg)	3.000	–	–
		Medios de producción	
Labores			
Maquinaria (h)	–	11,25	12,25
Diésel (L)	86,90	165,26	179,95
Agua y energía			
Agua de Riego (m^3)	–	1.219	2.273
Electricidad (Kw x h)	–	156,56	300,90
Fertilizantes			
Unidades de fertilización (Uf)	19-9-21-11-28	40-20-60-16-0	60-30-90-24-0
Estiércol (kg)	3.000,00	–	–
Nitrato de magnesio (kg)	–	100,00	150,30
Nitrato de potasio (kg)	–	130,40	185,6
Nitrato amónico (kg)	–	35,80	53,9
Ácido fosforito (kg)	–	24,00	36,1
Quelato de hierro (kg)	–	2,80	4,20
Ácidos húmicos y fúlvicos (kg)	–	5,60	8,30
Fitosanitarios			
Azufre (kg)	80,50	16,00	16,00
Bacillus thuringiensis (kg)	0,75	–	–
Aceite parafínico (kg)	–	10,00	10,00
Oxicloruro de cobre (kg)	–	8,00	8,00
Clorpirifos (kg)	–	2,00	2,00
Abamectina (kg)	–	1,00	1,00
Insecticida (kg)	–	2,00	2,00
Glifosato (L)	–	4,00	4,00

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

de zinc-aluminio. El cabezal de riego se dimensiona en función del caudal requerido por los emisores y del tamaño de la explotación. La red de riego se dimensiona del mismo modo con tuberías de polietileno de baja densidad (PE BD) y goteros autocompensantes de caudal 4 l/h. El embalse se dimensiona teniendo en cuenta el mes de máxima demanda hídrica y con capacidad para almacenar la mitad del agua de ese mes (Tabla 2).

Medios necesarios para cada ciclo anual de producción

- Seguro de la producción: El coste del seguro es una prima sobre la producción estimada, con la cobertura más común (pedrisco 0,024 €/kg).
- Poda: El rendimiento de poda varía los primeros años hasta establecerse un rendimiento constante a partir del tercer año por entrada en producción y poda anual regular. En los sistemas de regadío además de la poda invernal también se realiza una poda en verde. Tras la poda, se realiza un triturado de la leña en las calles.
- Maquinaria: En secano, ésta es utilizada en labores de arado, tratamientos fitosanitarios, fertilización orgánica (cada 4 años), el triturado y el apoyo a la recolección. En regadío, las labores que requieren de maquinaria son la siega de calles y la aplicación de herbicida en las filas, los tratamientos fitosanitarios, el triturado y el apoyo a la recolección. El abonado se lleva a cabo mediante fertirrigación.
- Fertilizantes: Los programas de fertilización se han desarrollado en base a datos extraídos de las encuestas, que se contrastan con recomendaciones realizadas por MARM (2010). En el cultivo en secano es usual aplicar cada 4 años 12.000 kg/ha de estiércol de ovino/caprino, con un equilibrio 19-9-21-11-28. En regadío se realiza fertirrigación con abonos minerales, quelato de hierro, ácidos húmicos y fúlvicos. En regadío v.c.p.r.d. el equilibrio es 40-20-60-16-0, y en regadío granel el equilibrio es 60-30-90-24-0 (Tabla 2).
- Fitosanitarios: Tanto en cultivo de secano como en regadío se aplican cuatro tratamientos anuales. El gasto medio de caldo en tratamientos de secano es de 800-900 l/ha, mientras que en espaldera en regadío es de 1.000-1.200 l/ha (Tabla 2).
- Herbicidas: En secano las malas hierbas se eliminan mediante laboreo. En regadío se realizan dos tratamientos al año durante el periodo vegetativo (Mayo-Septiembre).
- Recolección: Se realiza manualmente y se dispone de tractor con remolque para el transporte de la uva a la bodega. Se incluye la mano de obra y los medios mecánicos auxiliares.
- Mantenimiento: Se establece como porcentaje (1,50 %) sobre el coste del inmovilizado susceptible de mantenimiento (nave de aperos, cabezal y red de riego).
- Personal fijo: Lo más habitual es que el propietario de la tierra trabaje en ella, en tareas asociadas a programación del riego, adquisición de factores de producción, control del trabajo contratado externo... Esto es lo que se considera como personal fijo. A partir de la información base se repercuten 1 jornal/ha año en secano y 2 jornales/ha año en regadío.
- Agua de riego: El riego se estableció mediante datos de tres estaciones agrometeorológicas pertenecientes al SIAM (2020). Las dotaciones se calcularon a partir de la demanda hídrica de un año medio, calculando la evapotranspiración de referencia mensual aplicando el método de Penman-Monteith. Se toma la media de los datos recogidos por las tres estaciones en un periodo de 5 años (2014-2018). En el sistema de regadío destinado a v.c.p.r.d. se aplica

una estrategia RDC y en el caso del sistema de regadío para granel se aplica una estrategia de Riego Deficitario Sostenido (RDS) (Romero Azorín y García García, 2020).

– Energía eléctrica: El consumo de energía eléctrica vinculada al riego se calcula en función de las horas de riego y la potencia requerida (Tabla 2).

Metodología de análisis

Análisis económico

Se aplicó el análisis financiero en la vertiente de análisis o contabilidad de costes (Ballestero, 2000; García García, 2014). Para establecer la estructura de costes (Tabla 3), estos se clasificaron en costes fijos (CF) y costes variables (CV). Para el cálculo del coste de oportunidad (CO) se tiene en cuenta el uso alternativo del dinero en cuentas bancarias de ahorro sin riesgo (tipo de interés 1,5 %); este valor se suma a cada coste fijo y variable. Se consideran costes fijos a los debidos a la amortización de la inversión (preparación y plantación, nave de aperos y material auxiliar). En el caso de regadío se incluirían los costes del cabezal de riego, la red de riego y el embalse. Los costes de amortización se calculan mediante el método lineal o de cuotas constantes. Por su parte, se consideran costes variables todos aquellos que varían en función del ciclo de producción, como costes de las labores agrarias, costes de abonos, costes de fertilizantes, etc. La maquinaria se considera un coste variable por servicio contratado a agricultores externos. El precio medio del agua en el periodo 2012-2018 es de 0,20 €/m^3. En cuanto a los ingresos totales (I) (Tabla 4), estos se calcularon a partir de la producción y del precio medio de venta anual de uva variedad Monastrell en el periodo 2012-2017 (CARM, 2019). Los ingresos medios se calcularon a partir de la producción y de los precios pagados en € por kg y °Beaumé.

Se utilizaron los siguientes indicadores económicos: el margen neto (MN) (MAPA, 1999; García García *et al*., 2012; García García y García Brunton, 2013; Romero Azorín y García García, 2020), que se calcula como la diferencia entre los ingresos y costes totales, a partir de la siguiente fórmula: MN = I (CF + CV + CO); MN/coste variable (MN/c) que indica la rentabilidad del capital invertido a corto plazo; MN/inversión (MN/K_0) es un indicador de rentabilidad del capital a largo plazo; MN/coste total (MN/C) muestra la rentabilidad global de la actividad; umbral de viabilidad (UV) identifica el precio mínimo de la uva en el que la actividad es viable; y punto muerto (PM) señala la producción mínima para el precio de venta del mercado para que la actividad sea viable.

Análisis social

Se aplicaron tres indicadores. UTA/ha que es un indicador de generación de empleo ligado al medio rural (Romero Azorín y García García, 2020); para establecer el empleo generado se calculó la mano de obra necesaria para realizar las labores agrarias, y una unidad de trabajo anual (UTA) corresponde al trabajo realizado por una persona ocupada en una explotación agrícola a tiempo completo (MAPA, 1999), siendo de un total de 1.800 horas. CER (contribución a la economía regional) es un indicador sobre el impacto económico de la actividad agrícola sobre la población rural, y se calcula como ingreso unitario (€/ha); tiene relevancia social puesto que mide la productividad bruta económica y la repercusión sobre el medio y la población rural (García García, 2019). Y umbral de superficie, o punto muerto, que es un indicador social vinculado al territorio (CE, 2006; García García, 2016), establece la superficie mínima (ha) para que la explotación sea viable económicamente.

Tabla 3. Estructura de costes de los tres sistemas de producción de uva para vino.
Table 3. Cost accounting of the three vine grape cropping systems.

	Secano		Regadío v.c.p.r.d		Regadío granel	
	Coste (€/ha año)	%/CT	Coste (€/ha año)	%/CT	Coste (€/ha año)	%/CT
			Costes fijos			
Nave de aperos	8	0,61	37	1,16	37	0,94
Preparación del terreno	98	7,93	340	10,78	340	8,82
Material auxiliar	3	0,27	10	0,32	10	0,26
Cabezal de riego	–	–	67	2,11	67	1,71
Red de riego	–	–	189	5,99	189	4,84
Embalse	–	–	17	0,53	43	1,10
Costes fijos totales	109	8,82	659	20,89	685	17,56
			Costes variables			
Seguro producción	78	6,29	195	6,17	292	7,49
Poda	244	19,65	457	14,49	457	11,72
Maquinaria	306	24,69	417	13,22	417	10,69
Fertilizantes	107	8,60	214	6,77	321	8,22
Fitosanitarios	51	4,09	123	3,89	123	3,15
Herbicidas	–	–	26	0,82	26	0,67
Recolección	280	22,59	613	19,40	879	22,53
Mantenimiento	5	0,37	44	1,38	44	1,11
Personal fijo	61	4,91	122	3,86	122	3,12
Agua (riego)	–	–	272	8,62	508	13
Energía (riego)	–	–	15	0,49	29	0,74
Costes variables totales	1.131	91,18	2.497	79,11	3.217	82,44
			Costes totales			
Costes totales	1.240	100	3.156	100	3902	100

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

%/CT: este valor es el porcentaje de cada coste sobre el Coste Total.

Cada coste, tanto fijo como variable, incluye el correspondiente coste de oportunidad.

Tabla 4. Calculo de los ingresos totales anuales de los tres sistemas de cultivo.
Table 4. Total annual income of the three cropping systems.

	Secano	Regadío v.c.p.r.d	Regadío granel
Producción bruta (kg/ha)	3.200	8.000	12.000
Grados Beaumé (°)	14,25	13,75	12,75
Precio (€/kg°)	0,0315	0,0315	0,0315
Ingresos totales (€/ha·año)	1.436	3.465	4.820

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

Análisis ambiental

Se aplicó el análisis de ciclo de vida (ACV) que es una herramienta de evaluación ambiental estandarizada por un conjunto de normas ISO 14040-14044 (ISO, 2006a,b). Es una herramienta científica que permite establecer alternativas dirigidas a reducir los potenciales impactos ambientales asociados a un producto, con objeto de garantizar un desarrollo sostenible. El método consta de cuatro fases interrelacionadas: definición de objetivo y alcance, análisis de inventario del ciclo de vida, análisis de impacto e interpretación de los resultados.

El objetivo, además de contribuir a la presente evaluación de sostenibilidad, es aportar datos para el conocimiento científico de los impactos potenciales debidos al cultivo de la uva en el sureste ibérico. La unidad funcional (UF) es 1 kg de uva cosechada en el campo. El alcance del ACV, por tanto, se centra únicamente en la fase de cultivo de la uva para vinificación. Como el sistema sólo produce uva se trató como un sistema monofuncional, por lo que no se aplicaron procedimientos de asignación de cargas ambientales. Los componentes del sistema a tener en cuenta en las explotaciones tipo fueron:

– Cultivo de viña en secano. Inversión: contempla el combustible consumido y sus emisiones en las labores de preparación del terreno y plantación, y el abonado inicial con estiércol (Tabla 2). Labores: el combustible consumido y sus emisiones durante las labores agrarias del ciclo de producción. Fertilización: el estiércol utilizado para la fertilización del suelo, así como sus emisiones a la atmósfera. Fitosanitarios: los tratamientos fitosanitarios aplicados.
– Cultivos de viña en regadío (v.c.p.r.d. y granel). Inversión: el combustible y sus emisiones consumidos en las labores de preparación del terreno; y las infraestructuras que incluyen el embalse de riego, el cabezal de riego, la red de riego y los elementos que conforman la espaldera (Tabla 2). Labores: el combustible y lubricante consumido durante el ciclo productivo en las labores agrícolas, y sus correspondientes emisiones a la atmósfera. Riego: la energía consumida durante el riego. Fertilizantes: los abonos inorgánicos aplicados mediante fertirrigación y sus emisiones a la atmósfera. Fitosanitarios: los tratamientos fitosanitarios y los herbicidas usados.

Para llevar a cabo el ACV se utiliza el software SimaPro 9.1. Los datos de segundo plano (energía, combustible, materiales, productos, etc.) se obtuvieron de la base de datos Ecoinvent 3.6. Las emisiones del diésel consumido por los vehículos agrícolas se estima-

ron a partir de los factores de emisión establecidos por EEA (2019). Las emisiones a la atmósfera de NH_4 y N_2O debidas a la aplicación de los abonos nitrogenados (orgánicos e inorgánicos) se estimaron según Nemecek *et al*. (2014) y Cayuela *et al*. (2017).

La metodología utilizada para la caracterización de los potenciales impactos ambientales fue CML-IA Baseline 4.7 (disponible en SimaPro) que es la más utilizada en los estudios sobre productos agroalimentarios (Beccali *et al*., 2009; Gazulla *et al*., 2010; Bosco *et al*., 2011; Villanueva-Rey *et al*., 2014; De Luca *et al*., 2015; Falcone *et al*., 2016) incluido la pesca y la acuicultura (García García *et al*., 2016 y 2019). Las categorías de impacto fueron: disminución de recursos abióticos (DA); disminución de los recursos abióticos combustibles fósiles (DACF); calentamiento global (CG); disminución de la capa de ozono (DCO); toxicidad humana (TH); ecotoxicidad acuática de aguas continentales (TAC); ecotoxicidad acuática de agua marina (TAM); ecotoxicidad terrestre (ET); oxidación fotoquímica (OF); acidificación (A); y eutrofización (E). La interpretación de los resultados se realizó mediante el análisis de contribución que calcula el porcentaje en el que contribuyen los diferentes componentes del sistema a cada categoría de impacto. También se utilizó la contribución global que indica como cada componente contribuye globalmente a todas las categorías de impacto (García García *et al*., 2016 y 2019).

Resultados y discusión

Estructura de costes

En la Tabla 3 se muestra la estructura de costes de los tres sistemas de cultivo de uva y en la Tabla 4 se presentan los ingresos totales. Los costes fijos difieren sustancialmente entre el secano y el regadío, independientemente del destino a vino v.c.p.r.d o granel (García García, 2019). La diferencia se debe principalmente a las infraestructuras del sistema de riego (cabezal, red de riego y embalse), que supone el coste más relevante en relación al coste fijo total (hasta casi el 44 % en vino granel), lo que está en consonancia con Fernández Alcázar (2011). Entre los sistemas de regadío, la diferencia entre los costes fijos es poco relevante, y es debida al tamaño del embalse puesto que para el vino a granel el volumen necesario de regulación es aproximadamente el doble que para v.c.p.r.d. (Tabla 2).

Los costes variables en secano son la mitad de los del regadío v.c.p.r.d y un tercio de los del regadío granel. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la producción en secano es menos de la mitad que en v.c.p.r.d y casi un cuarto de la producción granel. También es destacable que los costes variables de mayor importancia son los ligados a labores manuales (poda, recolección, personal fijo), que suponen un 47 % del coste total en secano y un 38 % y 37 % de los costes totales en regadío. Estos valores indican que el cultivo de viña, con independencia del sistema, tiene un importante efecto sobre el empleo (García García y García García, 2018). Sin embargo, los costes fijos suponen un bajo porcentaje del coste total, especialmente en secano (9 %); el mayor coste fijo relativo representa sólo el 21 % (regadío v.c.p.r.d.). Los ingresos (Tabla 4), y dado que el precio es el mismo para la uva en los tres sistemas, están en relación directa con la producción, variando, por consiguiente, ampliamente entre 1.436 €/ha·año en secano y 4.820 €/ha·año en regadío a granel.

Análisis económico

El MN/Inversión (Tabla 5) indica la rentabilidad a largo plazo y en este caso el sistema más rentable es el regadío para vinos granel, pese a ser el sistema que requiere mayor inversión. El sistema secano es el segundo en

Tabla 5. Valores de los indicadores socioeconómicos para los tres sistemas de cultivo.
Table 5. Socioeconomic indicators for the three cropping systems.

	Secano	Regadío v.c.p.r.d	Regadío granel
		Indicadores económicos	
MN/Inversión (%)	3,9	1,7	5,8
MN/Coste variable (%)	11,7	9,6	26,8
MN/Coste total (%)	10,6	7,5	21,9
Umbral viabilidad (€/kg)	0,37	0,38	0,31
Punto muerto (kg/ha)	2.652	6.993	9.250
		Indicadores sociales	
UTA/ha	0,044	0,089	0,108
Contribución a la economía regional (€/ha)	1.317	3.257	4.530
Umbral de superficie (ha)	24,87	8,74	7,71

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

cuanto a rentabilidad a largo plazo lo que es resultado principalmente a su reducida inversión (Tabla 5). El sistema regadío para v.c.p.r.d es el menos rentable a largo plazo y además se sitúa cercano al umbral de rentabilidad, lo cual se debe a que su margen neto es muy bajo, similar al del secano y además tiene una importante inversión, prácticamente idéntica a la del regadío granel. Aún en el caso más favorable, es decir, regadío granel, el MN/Inversión es bajo (5,8 %) en relación a otros cultivos del sureste bajo fertirrigación. Así por ejemplo, en limonero 'Fino' alcanza el 26 % y en limonero 'Verna' el 30 % (García García, 2014); por su parte, en melocotonero este indicador es del 19,9 % (García García y García Brunton, 2013). A corto plazo sucede algo similar. El MN/Coste total, o rentabilidad global, confirma que la actividad más rentable es el sistema de regadío para granel, debido fundamentalmente a la alta productividad (kg/ha). A continuación está el sistema secano (10,6 %) y por último el regadío para v.c.p.r.d que presenta una rentabilidad baja (7,5 %). Es por tanto, este último sistema, el más desfavorable en las circunstancias actuales en las que no existen mecanismos de pago de la uva por criterios de calidad, que diferencien esta uva de la de vino granel.

En la Tabla 5 se muestra el umbral de viabilidad o indicador del precio por kg de uva que se ha de pagar para que la explotación sea viable. En este caso los precios son 0,38 €/kg para v.c.p.r.d; 0,37 €/kg para secano y 0,31 €/kg para granel. Los precios de mercado son 0,433 €/kg; 0,449 €/kg y 0,402 €/kg respectivamente. Es decir, tanto v.c.p.r.d como secano están muy próximos al umbral de viabilidad y, por consiguiente, son actividades vulnerables, especialmente el sistema v.c.p.r.d. Todos estos resultados muestran que al primar la producción de kg° y no la calidad de la uva, la actividad más rentable es el sistema de regadío para vinos granel. Sin embargo, existen trabajos sobre ensayos de varios años en uva Monastrell que con-

cluyen que la productividad y vigor ligados a estrategias de riego es inversamente proporcional a la calidad de la uva medida mediante parámetros como antocianos y compuestos polifenólicos (Romero *et al*., 2015 y 2018). Afortunadamente en los últimos años existe la inquietud en el mercado de la uva acerca de la necesidad de establecer protocolos y métodos para clasificar diferentes calidades de uva que vayan destinadas a elaborar vinos de calidad (Poni *et al*., 2018). Evidentemente es necesario incorporar otros parámetros al sistema de pago de la uva, además de los kg°, de tal forma que se diferencie y valore la uva destinada a vino por atributos de calidad en función del contenido polifenólico, colorimetría, etc. (Bautista-Ortín *et al*., 2006; Romero *et al*., 2015). En este sentido, se ha confirmado que la calidad de las uvas de secano o de regadíos con RDC es superior a la de regadíos más dotados (Romero *et al*., 2015 y 2016).

El punto muerto (Tabla 5) indica que se deben producir 2.652 kg/ha, 6.993 kg/ha y 9.250 kg/ha en secano, v.c.p.r.d y granel, respectivamente, para alcanzar la viabilidad. Mientras que la producción de las parcelas tipo en el mismo orden es: 3.200 kg/ha, 8.000 kg/ha y 12.000 kg/ha (Tabla 1). Estos datos confirman que tanto secano como v.c.p.r.d están próximas a los umbrales (7.500-9.000 kg/ha). Tanto el sistema secano como el v.c.p.r.d tienen los umbrales dentro de los límites de productividad marcados por las DO de la Región de Murcia, mientras que el sistema regadío granel excede estas limitaciones y por tanto, en ningún caso podría destinar sus uvas a vinos amparados en dichas DO. Así pues, los sistemas en secano o en RDC destinados a v.c.p.r.d son viables en territorios áridos que además, no pueden competir con otras zonas con mayor disponibilidad de agua en cantidad y a un menor precio.

Análisis social

Desde el punto de vista de generación de empleo, destaca el regadío sobre el secano, y concretamente el destinado a vino granel es el que más empleo genera (Tabla 5). El regadío y el secano son sistemas muy diferentes en relación a sus procesos y sus consecuentes costes y labores manuales. Esto se debe principalmente a que el número de horas de trabajo manual es mayor cuanto mayor es la producción. El indicador UTA/ha refleja la importancia social de esta actividad en el medio rural, especialmente en territorios de secano, en relación al sostenimiento de población, terrenos y paisaje. Tal como indican García García y García García (2018), los valores obtenidos en secano están cercanos a la media registrada en el conjunto de las explotaciones agrarias de Europa (0,05 UTA/ha) (CE, 2006). Además, en otras localizaciones el cultivo en espaldera muestra valores cercanos; por ejemplo, Bajusová *et al*. (2016) obtiene 0,13 UTA/ha. Algo similar ocurre con la contribución de la actividad a la economía regional, los sistemas con más producción por unidad de superficie tienen mayores ingresos, lo que repercute positivamente sobre el medio y la población rural (Tabla 5). Respecto al tamaño de la explotación para que sea viable ha de ser como mínimo de 24,87 ha en secano; 8,74 ha en v.c.p.r.d y 7,71 ha en granel. Esto confirma que las explotaciones vitícolas de la Región de Murcia sean las de mayor tamaño a nivel nacional (MAPA, 2018), ya que para poder ser viables necesitan una elevada superficie, especialmente las de secano.

Análisis ambiental

En el cultivo de secano en vaso el componente del sistema que globalmente contribuye más a los impactos ambientales (Figura 1) son

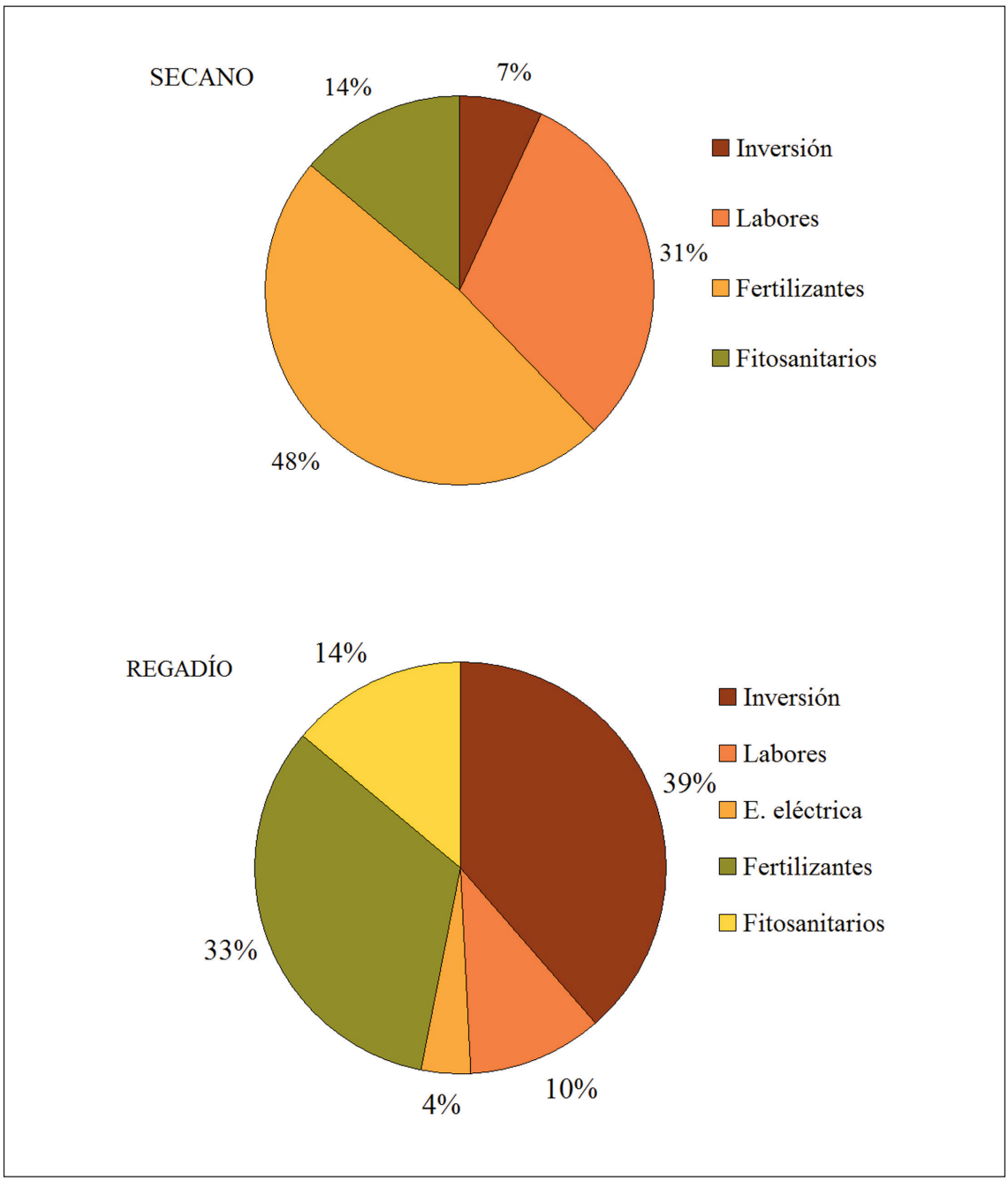


Figura 1. Contribución global de los componentes de los sistemas secano y regadío (vino de calidad producido en una región determinada (v.c.p.r.d.) y granel) a los potenciales impactos ambientales.
Figure 1. Global contribution of the components of the dryland and irrigated systems to the potential environmental impacts.

los fertilizantes (48 %), que aquí se reducen al estiércol. Después le sigue las labores de la maquinaria agraria (31 %) que refleja el consumo de diésel y sus emisiones; y los fitosanitarios que sólo contribuyen en un 14 %. La inversión en secano tiene una contribución muy poco relevante (7 %) puesto que se prescinde de infraestructuras. En la Figura 2 se muestra como los componentes del sistema contribuyen a los distintos impactos ambientales. Las labores contribuyen especialmente a DCO (76 %), DACF (64 %), CG (60 %), OF (38 %) y TH (33 %), mientras que los fertilizantes a E (92 %), ET (91 %), A (88 %), y TAC (62 %). En término de CG, las labores contribuyen en un 60 %, los fertilizantes en un 26 %, inversión con el 11 %, y finalmente fitosanitarios con el 3 %.

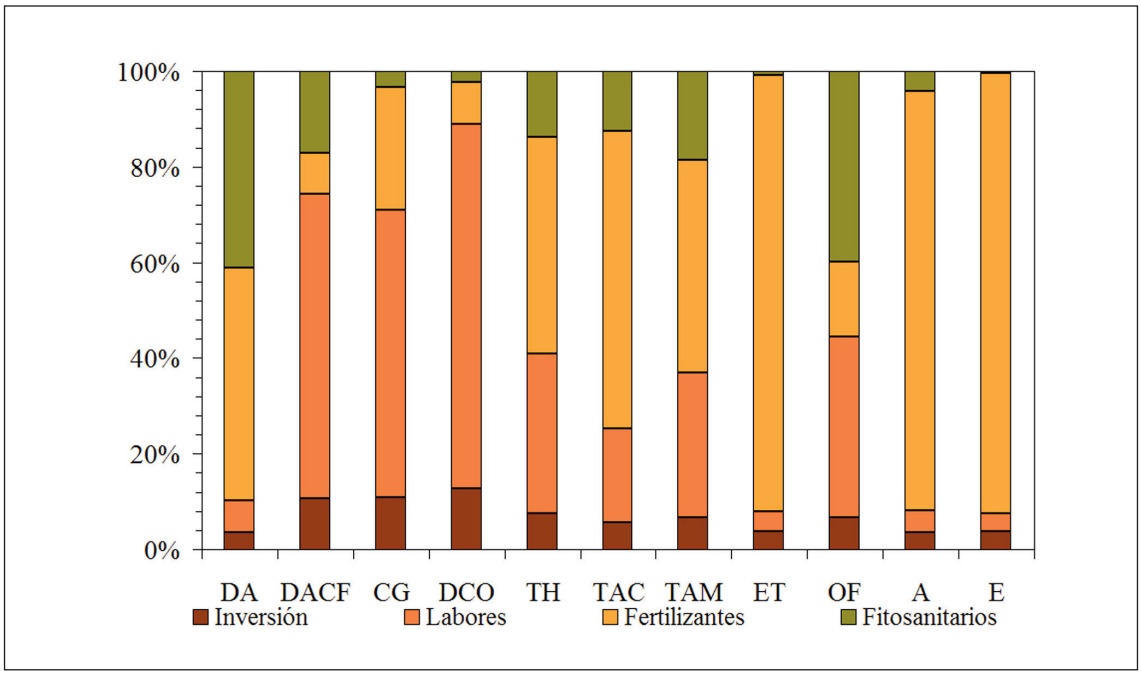


Figura 2. Contribución de los componentes del cultivo de uva en secano a las distintas categorías de impacto potencial.
Figure 2. Contribution of dryland vine grape cultivation components to potential impact categories.

En los dos cultivos de regadío en espaldera, v.c.p.r.d. y granel (Figura 1 y Figura 3), las contribuciones de los distintos compones del sistema a los impactos son similares. Esto es debido a que si en el cultivo para granel la producción es mayor (Tabla 1), también lo son algunos factores asociados a la inversión y a los medios de producción (Tabla 2). En los sistemas de regadío aunque los fertilizantes contribuyen significativamente a los impactos ambientales (33 %), es la inversión el componente que mayor repercusión tiene (39 %). El peso de la inversión es tan relevante debido a los distintos elementos que lo componen. De estos son los materiales metálicos de la espaldera los que más contribuyen suponiendo en relación sólo a la inversión una contribución global del 79 %,

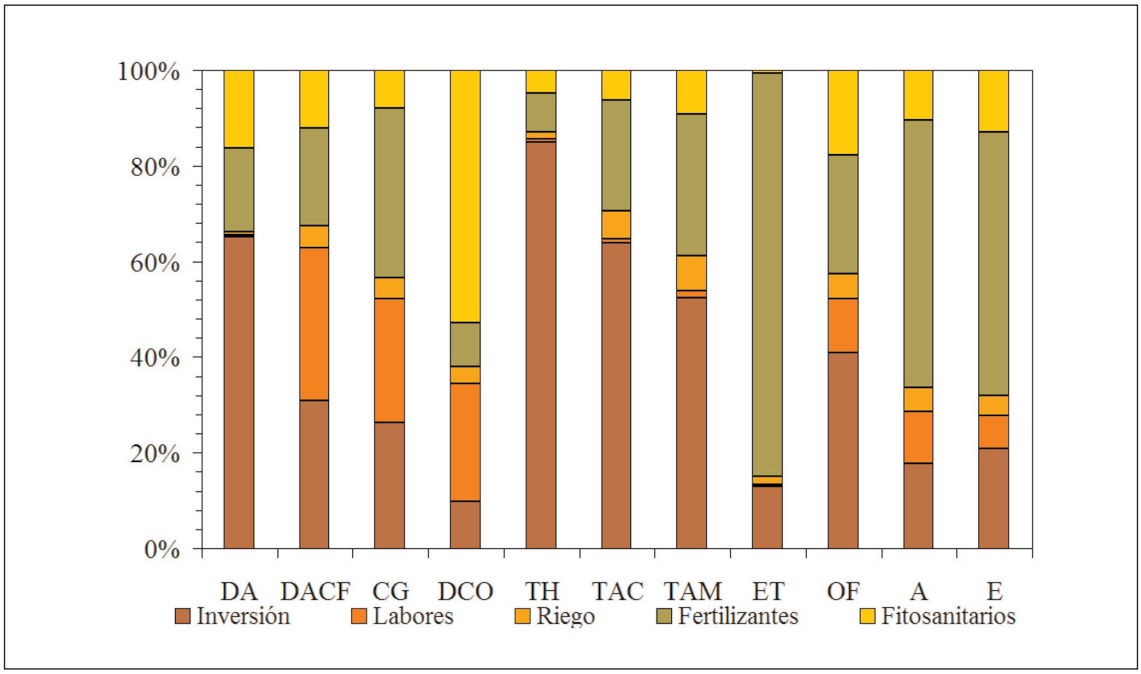


Figura 3. Contribución de los componentes del cultivo en regadío (vino de calidad producido en una región determinada (v.c.p.r.d.) y granel) a las distintas categorías de impacto potencial.
Figure 3. Contribution of irrigated cropping components to potential impact categories.

después siguen la red de riego (9 %), plantación (5 %), balsa de riego (5 %) y cabezal de riego (2 %). En cuanto a los otros tres componentes (Figura 1) destacan los fitosanitarios (14 %); las labores agrarias tienen una repercusión baja (10 %); y la energía eléctrica del riego es aún más baja (4 %).

Ferrara y De Feo (2018) en una extensa revisión bibliográfica sobre la aplicación del ACV en el sector vitivinícola, señalan que todos los trabajos utilizaron CG (o huella de carbono), y sólo unos pocos, y más recientemente, DA, A y E. Los resultados obtenidos en el presente trabajo (Tabla 6) en estas cuatro categorías y para los tres sistemas, se encuentran dentro de los rangos de variación observados por Ferrara y De Feo (2018). En términos de CG los valores obtenidos en el presente estudio (Tabla 6) fuero bajos en relación a dicho estudio, concretamente de 0,180 kg CO_2-eq (secano); 0,246 kg CO_2-eq (v.c.p.r.d.) y 0,192 kg CO_2-eq (granel). Sin embargo, son acordes con los registrados en distintos trabajos sobre uvas tintas en el área Mediterránea (Rinaldi *et al*., 2016; Gazulla *et al*., 2010; Bosco *et al*., 2011; Falcone *et al*., 2016). En estos los valores de CG se encuentra entre 0,12 kg CO_2-eq y 0,50 kg CO_2-eq, estando nuestros resultados más próximo a aquellos que utilizan una menor fertilización (Bosco *et al*., 2011). Como señalan Ferrara y De Feo (2018), los dos factores que en general más contribuyen al CG son la aplicación de fertilizantes y el consumo de combustible en las operaciones agrarias.

De los tres sistemas de cultivo analizados, es el cultivo en vaso en secano en el que la mayoría de las categorías de impacto registran los valores más bajos (Tabla 6 y Figura 4), a

Tabla 6. Valores de los potenciales impactos ambientales (PIA) para los tres sistemas de cultivo de uva. Unidad funcional: 1 kg de uva.
Table 6. Potential environmental impacts for the three grape cropping systems. Functional unit: 1 kg of grapes.

	Secano	Regadío v.c.p.r.d	Regadío granel
DA (kg Sb-eq)	1,29E-06	2,06E-05	1,47E-05
DACF (MJ)	2,41E+00	3,00E+00	2,21E+00
CG (kg CO_2-eq)	1,80E-01	2,46E-01	1,92E-01
DCO (CFC-11-eq)	2,59E-08	5,23E-08	3,70E-08
TH (kg 1,4-DB-eq)	2,51E-02	8,25E-01	5,70E-01
TAC (kg 1,4-DB-eq)	1,40E-02	2,17E-01	1,62E-01
TAM (kg 1,4-DB-eq)	2,54E+01	3,12E+02	2,39E+02
ET (kg 1,4-DB-eq)	8,03E-04	5,54E-03	5,20E-03
OF (kg C_2H_4-eq)	3,06E-05	6,30E-05	4,72E-05
A (SO_2-eq)	6,78E-03	1,54E-03	1,30E-03
E (PO_4-eq)	1,48E-03	4,49E-04	3,76E-04

DA: disminución de recursos abióticos; DACF: disminución de los recursos abióticos combustibles fósiles; CG: calentamiento global; DCO: disminución de la capa de ozono; TH: toxicidad humana; TAC: ecotoxicidad acuática de aguas continentales; TAM: ecotoxicidad acuática de agua marina; ET: ecotoxicidad terrestre; OF: oxidación fotoquímica; A: acidificación; y E: eutrofización.

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

pesar de que la producción de uva es muy inferior (Tabla 1), pero, sin embargo, en regadío hay una mayor utilización de los factores de producción (Tabla 2). En cuanto a las diferencias de los impactos destacan DA, y las categorías de toxicidad (TH, TAC, TAM y ET) que son debidos fundamentalmente a las infraestructuras, especialmente espaldera y red de riego. En términos de CG, el valor en secano (0,180 kg CO_2-eq) es bajo en relación a otros estudios (Ferrara y De Feo, 2018) debido especialmente a la baja fertilización, aunque es un resultado superior al registrado en cultivos biodinámicos (0,084-0,118 kg CO_2-eq; Villanueva-Rey *et al*., 2014).

Como muestra la estructura de costes (Tabla 2) los fertilizantes en los tres sistemas tienen una contribución baja en relación a los costes totales de producción (entre 6,77 % y 8,60 %; Tabla 2), de igual forma que ocurre en otros cultivos leñosos, como almendro u olivo, en los que la fertilización supone un 8,93 % y un 9,20 % del coste total, respectivamente (García García, 2019). En términos generales, probablemente se estén aplicando fertilizantes en exceso en cuanto que su repercusión sobre los costes y, por tanto, sobre el margen neto es poco relevante. Sin embargo, su contribución a los potenciales impactos ambientales es muy significativo, tanto en este estudio (Figura 1) como en otros (Ferrara y De Feo, 2018), por lo que este puede ser un argumento muy útil para la utilización más racional de los mismos, contribuyendo así a la sostenibilidad de la actividad productiva.

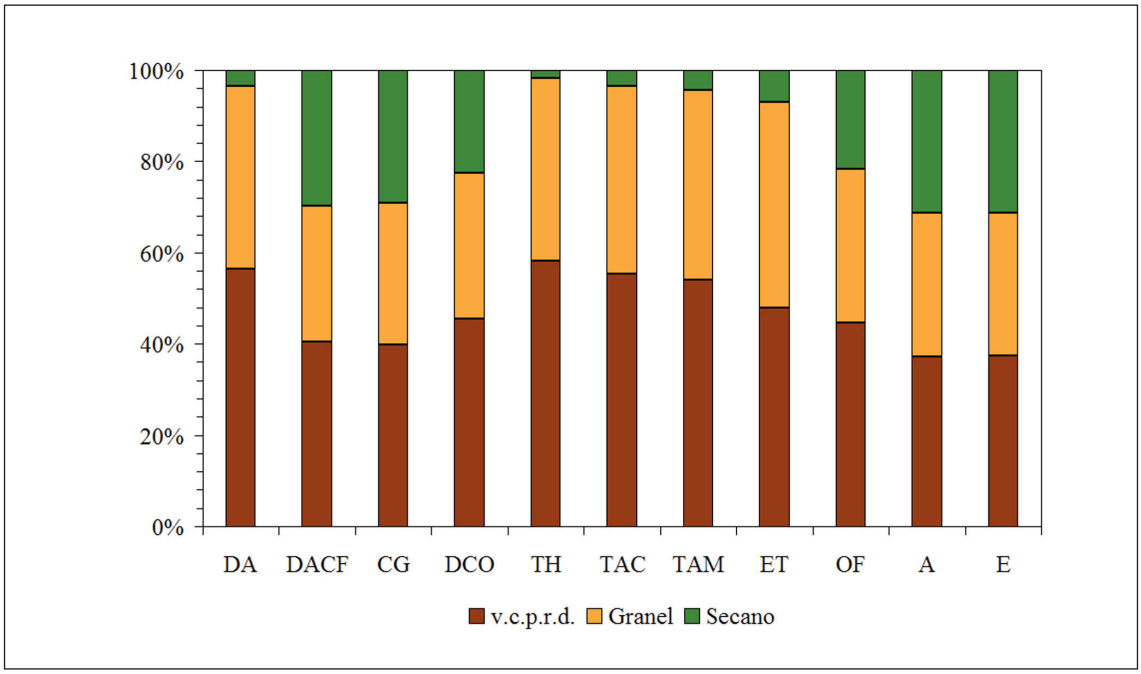


Figura 4. Comparación de los potenciales impactos ambientales entre el cultivo de uva en secano y los sistemas de regadío en espaldera. (v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada).
Figure 4. Comparison of potential environmental impacts between dryland cultivation and trellis irrigation systems. (v.c.p.r.d.: quality wines produced in a specific region).

Quizás a la hora de comparar los tres sistemas hay dos factores más que también se tendrían que tener en cuenta, dadas las características edafoclimáticas del área de estudio: la utilización de suelo y el uso del agua. La utilización de suelo en una región semiárida en claro proceso de desertización (Fraga *et al*., 2013; Resco *et al*., 2016) podría considerarse un impacto ambiental positivo, en cuanto que puede ser una forma de frenar el avance de las áreas desérticas en el sureste de la Península Ibérica. Esto afectaría a los tres sistemas de cultivo, pero se podría considerar más relevante en el caso de secano, en cuanto la superficie mínima de cultivo para que sea económicamente viable es muy superior (Tabla 5). Además, en relación al umbral de superficie es el secano donde las emisiones totales de CO_2-eq son menores (Tabla 7). Concretamente el sistema v.c.p.r.d. presenta unas emisiones 1,20 veces superior al secano, y granel 1,24 veces.

Por otro lado, en una zona donde los recursos hídricos son altamente limitantes, como es también el caso del área de estudio (Arcas Lario y Alcón Provencio, 2007; Soto García *et al*., 2014), aquellos sistemas que no utilizan riego, o este es de consumo bajo, debieran de priorizarse. Así pues, parece que el sistema de secano podría ser una alternativa de gran interés, ya que además, como se ha señalado, el secano es el sistema que menos recursos emplea; y para la mayoría de los impactos los valores son los más bajos, incluido CG. No obstante, en v.c.p.r.d. las emisiones de CO_2-eq en relación al umbral de superficie (Tabla 7) también son inferiores a granel, así como la

Tabla 7. Emisiones de CO_2-eq para el umbral de superficie de cultivo en los tres sistemas de cultivo de uva.
Table 7. CO_2-eq emissions for the cultivation surface threshold in the three vine grape cropping systems.

	Secano	Regadío v.c.p.r.d	Regadío granel
Umbral de superficie (ha)	24,87	8,74	7,71
Producción de uva (kg)	79.584	69.920	92.520
Emisiones de CO_2-eq (kg)	14.325	17.200	17.764

v.c.p.r.d.: vino de calidad producido en una región determinada.

dotación de riego, por lo que también puede considerarse de interés. Además, no hay que olvidar que estos dos sistemas garantizan la producción de vinos de calidad.

Conclusiones

En la situación actual en la Región de Murcia, donde el sistema de pago mayoritario de la uva para vino es por kilogrados, el sistema de regadío para vinos a granel es el más rentable y el más favorable socialmente, debido a la mayor producción. Desde el punto de vista de los impactos ambientales es similar al sistema de regadío v.c.p.r.d. y superior al cultivo en secano. No obstante, los impactos ambientales en los tres sistemas son relativamente bajos en relación a otras zonas productoras de uva para vino, debido a la baja utilización de inputs y, por tanto, a la alta eficiencia en el uso de los mismos. Sin embargo, este sistema no puede competir con otras zonas vitivinícolas nacionales que disponen de más agua de riego a menor precio y que, por tanto, pueden producir más cantidad, y a menor coste, la uva para vinos de mesa o granel. Muy por el contrario, la competitividad de los vinos de la Región pasa en gran medida por las exportaciones a Europa y terceros países, donde son factores clave la calidad y los aspectos ambientales asociados a su producción. En este último sentido, no sólo son relevantes los valores de los potenciales impactos ambientales, sino también la contribución a la lucha contra la desertificación y el uso del agua. Así pues, es conveniente apostar por la diferenciación a través de vinos de calidad vinculados al territorio y a valores ambientales que permitan obtener un plus de valor añadido por estas contribuciones a la sociedad. En este sentido los sistemas de cultivo de uva en secano, pero también en regadío v.c.p.r.d., parecen las opciones más viables a largo plazo. Ahora bien, para que sean sistemas sostenibles es necesario que en el pago de la uva juegue un papel importante los aspectos de calidad, de tal manera que se alcancen unos valores óptimos de rentabilidad que permitan superar la vulnerabilidad económica actual de dichos sistemas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Grupo Operativo "Calidad y diferenciación como claves de la competitividad vitivinícola (QVALITAS) en el marco de la medida 16.1 del Programa de Desarrollo Rural de la Región de Murcia.

Referencias bibliográficas

Arcas Lario N, Alcón Provencio F (2007). Contribución de las entidades de "economía social" a la gestión eficiente del agua para uso agrícola: situación en la región de Murcia. Revista de Estudios Cooperativos 91: 7-33.

Ballestero E (2000). Economía de la empresa agraria y alimentaria. Mundi-Prensa, Madrid, España. 416 pp.

Bajusová Z, Svoradová L, Dobák D, Bajus P (2016). Evaluation of the impact of labour costs development on grapevine production in the Slovak republic through algorithms. En: International Scientific Days 2016. The Agri-Food Value Chain: Challenges for Natural Resources Management and Society (Eds. Horská E, Kapsdorferová Z, Hallová M), pp. 102-112. Slovak University of Agriculture in Nitra. http://dx.doi.org/10.15414/isd2016.s2.01.

Bautista-Ortín AB, Fernández-Fernández JI, López-Roca JM, Gómez-Plaza E (2006). The effect of grape ripening stage on red wine color. Journal international des sciences de la vigne et du vin 40(1): 15-24. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2006.40.1.879.

Beccali M, Cellura M, Iudicello M, Mistretta M (2009). Resource consumption and environmental impacts of the agrofood sector: life cycle assessment of Italian citrus-based products. Environmental Management 43(4): 707-724. https://doi.org/10.1007/s00267-008-9251-y.

Bosco S, Di Bene C, Galli M, Remorini D, Massai R, Bonari E (2011). Greenhouse gas emissions in the agricultural phase of wine production in the Maremma rural district in Tuscany, Italy. Italian Journal of Agronomy 6: 93-100. https://doi.org/10.4081/ija.2011.e15.

CARM (2019). Estadística Agraria de Murcia 2017/2018. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia, Murcia, España. 164 pp.

Cayuela ML, Aguilera E, Sanz-Cobena A, Adams DC, Abalos D, Barton L, Ryals R, Silver WL, Alfaro MA, Pappa VA, Smith P, Garnier J, Billen G, Bouwman L, Bondeau A, Lassaletta, L (2017) Direct nitrous oxide emissions in Mediterranean climate cropping systems: Emission factors based on a meta-analysis of available measurement data. Agriculture, Ecosystems and Environment 238: 25-35. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.10.006.

CE (2006). Hacia un sector vitivinícola europeo sostenible. Comisión Europea, Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural, Bruselas, Bélgica. 27 pp.

COM (2019). El Pacto Verde. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo. Bruselas. 28 pp.

De Luca AI, Falcone G, Iofrida N, Stillitano T, Strano A, Gulisano G (2015) Life cycle methodologies to improve agri-food systems sustainability. Rivista di Studi Sulla Sostenibilita 1: 135-150. https://doi.org/10.3280/RISS2015-001009.

DOUE (2012). Reglamento N.º 1151/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de noviembre de 2012 sobre los regímenes de calidad de los productos agrícolas y alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea, núm 343, de 14 de diciembre de 2012, 29 pp.

EEA (2012). Environmental indicator report 2012: ecosystem resilience and resource efficiency in a green economy in Europe. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. 156 pp.

EEA (2014). Annual European Union greenhouse gas inventory 2014. Submission to the UNFCCC Secretariat. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark. 24 pp.

EEA (2019). EMEP/EEA air pollution emission inventory guidebook 2019. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Report 21. Publications Office of the European Union, Luxemburgo. 26 pp.

Falcone G, De Luca AI, Stillitano T, Strano A, Romeo G, Gulisano G (2016). Assessment of environmental and economic impacts of vine-growing combining life cycle assessment, life cycle costing and multicriterial analysis. Sustainability 8: 793. https://doi.org/10.3390/su8080793.

Fernández Alcázar JI (2011). Costes de cultivo en viñedo. Cuaderno de Campo 46: 4-13.

Ferrara C, De Feo G (2018). Life cycle assessment application to the wine sector: a critical review. Sustainability 10: 395. https://doi.org/10.3390/su10020395.

Ferrer JR, Abella-Garcés S, Maza-Rubio MT (2020). Human resource practices and performance in small Spanish wineries, and their evolution with age and size. Ciência e Técnica Vitivinícola 35(2): 107-119. https://doi.org/10.1051/ctv/ctv20203502107.

Fraga H, Malheiro AC, Mountinho-Pereira J, Santos JA (2013). An overview of climate change impacts on European viticulture. Food and Energy Security 1: 94-110. https://doi.org/10.1002/fes3.14.

García García B, Rosique Jiménez C, Aguado-Giménez F, García García J (2016). Life cycle assessment of gilthead seabream (*Sparus aurata*) production in offshore fish farms. Sustainability 8: 1228. https://doi.org/10.3390/su8121228.

García García B, Rosique Jiménez C, Aguado-Giménez F, García García J (2019). Life cycle assessment of seabass (*Dicentrarchus labrax*) production in offshore fish farms: Variability and multiple regression analysis. Sustainability 11: 3523. https://doi.org/10.3390/su11133523.

García García J, Martínez-Cutillas A, Romero P (2012). Financial analysis of wine grape production using regulated deficit irrigation and partial-root zone drying strategies. Irrigation Science 30: 179-188. https://doi.org/10.1007/s00271-011-0274-4.

García García J, García Brunton J (2013). Economic evaluation of early peach (*Prunus persica* L. batsch) commercial orchard under different irrigation strategies. Open Journal of Accounting 2: 99-106. https://doi.org/10.4236/ojacct.2013.24014.

García García J (2014). Análisis del sector del limonero y evaluación económica de su cultivo. IMIDA y Consejería de Agricultura y Agua de la Región de Murcia, Murcia, España. 142 pp.

García García J (2016). Actualización de la contabilidad de costes del cultivo de viña en la Región de Murcia. Enoviticultura 39: 14-23.

García García J, García García B (2018). Aspectos socioeconómicos y ambientales del cultivo de la uva Monastrell. En: El libro de la Monastrell. Murcia (Eds. Riquelme F, Martínez-Cutillas A), pp. 71-88. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia, Murcia, España.

García García J (2019). Estructura de costes de las orientaciones productivas agrícolas de la Región de Murcia: frutos secos, frutales de pepita, vid y olivo. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería y Pesca de la Región de Murcia, Murcia, España. 120 pp.

Gazulla C, Raugei M, Fullana-i-Palmer P (2010). Taking a life cycle look at crianza wine production in Spain: where are the bottlenecks?. The International Journal of Life Cycle Assessment 15: 330-337. https://doi.org/10.1007/s11367-010-0173-6.

ISO 14040 (2006). Environmental Management –Life Cycle Assessment– Principles and Framework; International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland.

ISO 14044 (2006). Environmental Management –Life Cycle Assessment– Requirements and Guidelines; International Organization for Standardization (ISO): Geneva, Switzerland.

Kajikawa Y, Tacoa F, Yamaguchi K (2014). Sustainability science: The changing landscape of sustainability research. Sustainability Science 9: 431-438. https://doi.org/10.1007/s11625-014-0244-x.

MAPA (1999). Análisis de la economía de los sistemas de producción. Resultados técnico-económicos de explotaciones hortofrutícolas de la Comunidad Valenciana en 1998. Subsecretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 165 pp.

MAPA (2018). Anuario de Estadística Agraria. Madrid. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid, España. 850 pp.

MAPA (2020). Producciones agrícolas: vitivinicultura. Dimensión económica. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/vitivinicultura/#para5 (Consultado: 11/01/2021)

MARM (2010). Guía práctica de fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid, España. 259 pp.

Nemecek T, Schnetzer J, Reinhard J (2014). Updated and harmonised greenhouse gas emissions for crop inventories. The International Journal of Life Cycle Assessment 21(9): 1361-1378. https://doi.org/10.1007/s11367-014-0712-7.

OIV (2008). Guía de la OIV para una vitivinicultura sostenible: producción, transformación y acondicionamiento de los productos. Resolución CST 1-2008. 13 pp.

OIV (2019). 2019 Statistical Report on World Vitiviniculture. 23 pp. Disponible en: http://www.oiv.int/es/normas-y-documentos-tecnicos/analisis-estadisticos/analisis-anual (Consultado: 11/01/2021).

Poni S, Gatti M, Palliotti A, Dai Z, Duchêne E, Truong TT, Ferrara G, Matarrese AMS, Gallotta A, Bellincontro A, Mencarelli F, Tombesi S (2018). Grapevine quality: a multiple choice issue. Scientia Horticulturae 234: 445-462. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.035.

Resco P, Iglesias A, Bardají I, Sotés V (2016). Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. Regional Environmental Change 16: 979-993. https://doi.org/10.1007/s10113-015-0811-4.

Rinaldi S, Bonamente E., Scrucca F, Merico MC, Asdrubali F, Cotana F (2016). Water and carbon footprint of wine: methodology review and application to a case study. Sustainability 8: 621. https://doi.org/doi:10.3390/su8070621.

Romero P, Gil Muñoz R, Fernández-Fernández JI, Del Amor FM, Martínez-Cutillas A, García García J (2015). Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. Agricultural Water Management 149: 55-73. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.018.

Romero P, García García J, Fernández-Fernández JI, Gil Muñoz R, del Amor Saavedra F, Martínez-Cutillas A (2016). Improving berry and wine quality attributes and vineyard economic efficiency by long-term deficit irrigation practices under semiarid conditions. Scientia Horticulturae 203: 69-85. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.013.

Romero P, Botía P, Navarro JM (2018). Selecting rootstocks to improve vine performance and vineyard sustainability in deficit irrigated Monastrell grapevines under semiarid conditions. Agricultural Water Management 209: 73-93. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.012.

Romero Azorín P, García García J (2020). The productive, economic, and social efficiency of vineyards using combined drought-tolerant rootstocks and efficient low water volume deficit irrigation techniques under Mediterranean semiarid conditions. Sustainability 12: 1930. https://doi.org/10.3390/su12051930.

SIAM (2020). Sistema de Información Agraria de Murcia. Disponible en: http://siam.imida.es/apex/f?p=101:1:3056830601098857 (Consultado: 16 diciembre 2020).

Soto García M, Martínez Álvarez V, Martín Górriz B (2014). El regadío en la Región de Murcia. Caracterización y análisis mediante indicadores de gestión. Sindicato Central de Regantes del Acueducto Tajo-Segura, Murcia, España. 267 pp.

Villanueva-Rey P, Vázquez-Rowe I, Moreira MT, Gumersindo F (2014). Comparative life cycle assessment in the wine sector: biodynamic *vs*. conventional viticulture activities in NW Spain. Journal of Cleaner Production 65: 330-341. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.026.

(Aceptado para publicación el 7 de junio de 2021)