



UNIVERSIDAD
DE
CÓRDOBA

AM
ETSIAM
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica y de Montes



TESIS DOCTORAL
**EVALUATION AND IMPROVEMENTS FOR THE
SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE WINE-
MAKING FARM IN THE PDO MONTILLA-MORILES**

Autora: Paula M^a Triviño Tarradas
Directores: Prof. Dra. Pilar Carranza Cañadas
Prof. Dr. Emilio Jesús González Sánchez

Córdoba, 23 de Abril de 2019



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA



TESIS DOCTORAL

EVALUACIÓN Y MEJORAS PARA EL MANEJO
SOSTENIBLE DE LA EXPLOTACIÓN VITIVINÍCOLA
EN LA DOP. MONTILLA-MORILES

*EVALUATION AND IMPROVEMENTS FOR THE
SUSTAINABLE MANAGEMENT OF THE WINE-
MAKING FARM IN THE PDO. MONTILLA-MORILES*

PROGRAMA DE DOCTORADO

**INGENIERÍA AGRARIA, ALIMENTARIA, FORESTAL Y DE DESARROLLO
RURAL SOSTENIBLE**

DOCTORANDA: PAULA M^a TRIVIÑO TARRADAS

DIRECTORES: PROF. DRA. PILAR CARRANZA CAÑADAS

PROF. DR. EMILIO J. GONZÁLEZ SÁNCHEZ

Córdoba, marzo de 2019

TITULO: *Evaluación y mejoras para el manejo sostenible de la explotación vitivinícola en la DOP. Montilla-Moriles*

AUTOR: *Paula María Triviño Tarradas*

© Edita: UCOPress. 2019
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

<https://www.uco.es/ucopress/index.php/es/ucopress@uco.es>

AGRADECIMIENTOS

Siempre parece imposible hasta que se hace como señaló Nelson Mandela. Y se hace, gracias a muchos impulsos y alientos de personas que, desde mi familia hasta mis "compañeros de viaje", me han ido regalando día tras día hasta poder llegar a su fin.

Por ello, con estas palabras me gustaría dar "gracias" a cada uno de ellos, que han supuesto un hito desde la concepción hasta la culminación de este trabajo. Empezando por Francisco Montes, como no puede ser de otro modo, quién, con su sabiduría y alta capacidad de hacer 'fácil' lo difícil, mentor desde el principio de este pasaje, fue el promotor de haberme enrolado en esta gratificante aventura. Acompañado de mi directora y compañera, Pilar Carranza, cuyas ideas, consejos y contribuciones y necesario aliento han sido esenciales para el progreso de este trabajo. Sintiéndome siempre muy amparada, apoyada y guiada por mi otro director, Emilio González, compañero cuyo compromiso, dedicación y esfuerzo han fortalecido los míos para la consecución de este momento. A los tres "GRACIAS".

No puedo dejar atrás, a compañeros y amigos con los que he colaborado profesionalmente y compartido muchos momentos gran parte de este periodo, a Antonio Holgado, a Raúl Gómez, a Francisco Sanchez, y muy especialmente a Manuel Gómez. De igual manera, a mis actuales compañeros en el área de 'Expresión Gráfica', con los que desarrollo un trabajo que me gusta y en el que creo. Asimismo, reconocer a todas las personas, que de una u otra forma han contribuido a la consecución de esta investigación.

Igualmente, me gustaría expresar mi gratitud a la verdadera razón de mi existencia, los que me dieron la VIDA, mis padres. De los que aprendí a valorar las cosas que verdaderamente merecen la pena. Su tesón, su constancia, su entrega y compromiso han sido los cimientos sólidos y fundamentales con los que empezar a construir MI VIDA, y todo lo bueno que me rodea. Y, por último, a los que han estado junto a mí a lo largo de todo este largo camino y han sido mi motivación diaria, a mis hijos, Pedro, Paula y Pablo, que han sabido comprender que la mejor recompensa se encuentra en el esfuerzo, como señaló Mahatma Gandhi. Y "GRACIAS" de manera muy especial a mi marido y compañero de proyecto de vida, Pedro, que siempre ha confiado en mí, apoyándome desde el principio con esta iniciativa y muchas otras.



TÍTULO DE LA TESIS: EVALUACIÓN Y MEJORAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE LA EXPLOTACIÓN VITIVINÍCOLA EN LA DOP. MONTILLA-MORILES

DOCTORANDA: Paula M^a Triviño Tarradas

INFORME RAZONADO DE LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Los directores de la tesis Dra. Pilar Carranza Cañadas y Dr. Emilio J. Gonzalez Sánchez, informan que la doctoranda ha desarrollado los objetivos previstos compartiendo su formación con la investigación. La doctoranda ha realizado una estancia en el Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas (ICAAM) de la Universidad de Évora, Portugal, durante el período julio-octubre 2017. La tesis se presenta en seis capítulos, dos de los cuales se corresponden con dos publicaciones revisadas por pares; uno (capítulo II) publicado en una revista indexada en el Journal Citation Repors (JRC), el otro (capítulo IV) publicado en una revista indexada en el Latindex.

La tesis de Dña. Paula Triviño Tarradas viene a ofrecer una notable contribución al conocimiento científico del sector vitivinícola en la zona de 'Montilla-Moriles'. Particularmente, en un momento en el que se están definiendo las estrategias de la Política Agrícola Común en aras a dar soluciones a los desafíos actuales de la agricultura. Abordando la gestión sostenible de las explotaciones, y las mejoras técnicas tanto de los procesos de pasificación de los frutos como de la realización de dichos trabajos.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, 4 de marzo de 2019

Firma de los directores

Fdo.: Dra. Pilar Carranza Cañadas

Fdo.: Dr. Emilio J. González Sánchez

CONTENIDOS

Capítulo I. Introducción, hipótesis y objetivos. Estructura de la tesis

..... **15**

I-1. INTRODUCCIÓN 15

 I-1.1. Caracterización del viñedo en la Denominación de Origen Protegida
 ‘Montilla-Moriles’ 15

 I-1.2. La sostenibilidad en el marco de la Política Agroambiental Europea.
 Los desafíos de la agricultura actual 20

I-2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS..... 24

I-3. ESTRUCTURA DE LA TESIS 24

I-4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 25

Capítulo II. Evaluación de la sostenibilidad de cultivos anuales y permanentes: el modelo INSPIA..... 31

II-1. INTRODUCCIÓN 31

II-2. MATERIALES Y MÉTODOS 33

 II-2.1. Método para la selección de BPAs e indicadores 33

 II-2.2. Las Buenas Prácticas Agrarias de INSPIA 34

 II-2.3. Indicadores de sostenibilidad INSPIA 35

 II-2.3.1. *Desarrollo de los indicadores* 35

 II-2.3.2. *La normalización de indicadores* 36

 II-2.3.3. *Ponderación de los indicadores* 36

 II-2.3.4. *La agregación de indicadores*..... 37

 II-2.4. Índice compuesto de sostenibilidad INSPIA..... 37

 II-2.5. La plataforma on-line INSPIA 38

II-3. RESULTADOS 38

 II-3.1. Conjunto de Buenas Prácticas Agrarias de INSPIA 38

 II-3.2. Indicadores de sostenibilidad INSPIA 40

 II-3.3. Indicadores agregados INSPIA..... 42

II-3.4. Índice de Sostenibilidad INSPIA	42
II-4. DISCUSIÓN	44
II-4.1. Selección del conjunto de BPAs.....	44
II-4.2. Selección de indicadores (básicos, agregados e índice).....	45
II-4.3. Metodología de evaluación	50
II-4.3.1. <i>Enfoque integral</i>	51
II-4.3.2. <i>Alcance temático de INSPIA</i>	52
II-4.3.3. <i>Ámbito sectorial</i>	53
II-4.3.4. <i>Ámbito geográfico</i>	54
II-4.3.5. <i>Resultados de INSPIA</i>	54
II-5. CONCLUSIONES.....	57
II-6. AGRADECIMIENTOS	57
II-7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57

Capítulo III. Evaluación de la sostenibilidad agraria de una finca vitivinícola de la DOP. 'Montilla-Moriles' a través de la metodología INSPIA **69**

III-1. INTRODUCCIÓN.....	69
III-1.1. Evaluación de la sostenibilidad agraria.....	69
III-1.2. Importancia del sector olivarero y vitivinícola en Andalucía.....	70
III-1.3. Prácticas agrarias convencionales y problemas medioambientales	71
III-2. MATERIAL Y MÉTODOS	72
III-2.1. Finca de estudio	72
III-2.2. Método de evaluación de sostenibilidad.....	72
III-2.3. Recopilación de datos.....	74
III-2.4. Evaluación de la implementación de las BPAs a través de indicadores	74
III-3. RESULTADOS	75
III-3.1. Valores de resultados de indicadores	77

IV-4.2.1. Ensayos realizados en laboratorio ubicado en el campo de experimentación en Montalbán	129
IV-4.2.2. Ensayos realizados en el segundo laboratorio de análisis sobre las muestras congeladas	132
IV-4.2.3.- Análisis organoléptico	138
IV-4.2.4. Interpretación de resultados - segunda anualidad	144
IV-5. CONCLUSIONES	145
IV-6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
Capítulo V. Mejoras en las condiciones de trabajo en las paseras. Caso Denominación de Origen Protegida 'Montilla-Moriles'	149
V-1. INTRODUCCIÓN	151
V-1.1. Consideraciones sobre el trabajo en las paseras de la Denominación de Origen Protegida de 'Montilla-Moriles'	152
V-2. MATERIAL Y MÉTODOS	155
V-2.1. Técnicas e instrumentos de recogida de datos	157
V-3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	158
V-3.1. Características generales de los trabajadores objeto de estudio	158
V-3.2. Situación de trabajo en las paseras.....	158
V-3.3. Propuestas de los trabajadores para corregir la situación de trabajo	166
V-3.4. Posturas observadas, antropometría dinámica y funcional	166
V-4. CONCLUSIONES	170
V-5. MEJORAS SUGERIDAS DE LOS PUESTOS DE TRABAJO	171
V-6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	172
Capítulo VI. Summary (resumen) and general conclusions	175
VI-1. SUMMARY	177
VI-2. RESUMEN	181
VI-3. GENERAL CONCLUSIONS	186

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I.

Figura I-1. Situación de la DOP. 'Montilla-Moriles'.....	16
Figura I-2. Municipios integrantes de la DOP. 'Montilla-Moriles'.	17
Figura I-3a. Evolución de la superficie de viñedo de la DOP. 'Montilla-Moriles'. (1972-2016).	18
Figura I-3b. Evolución de la superficie de viñedo de Calidad Superior y Producción.	18
Figura I-4. Objetivos de la PAC a partir del 2021.....	21

Capítulo II.

Figura II-1. Estructura y funcionamiento del proceso de evaluación de sostenibilidad basado en indicadores del INSPIA.	34
Figura II-2. Red de fincas INSPIA.	38
Figura II-3. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos de indicadores básicos de sostenibilidad en INSPIA.	41
Figura II-4. Ponderación de 31 indicadores de sostenibilidad, indicadores agregados (nivel 1 y 2) y dimensiones de sostenibilidad.	42
Figura II-5. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos de indicadores agregados de sostenibilidad en INSPIA.....	43
Figura II-6. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos del índice compuesto de sostenibilidad en INSPIA.	43

Capítulo III.

Figura III-1. Localización de la finca de estudio 'Lagar Cañada Navarro'.	73
Figura III-2. Ubicación de las parcelas de viñedo y olivar de la explotación.	73
Figura III-3. Resultados gráficos y numéricos de los indicadores básicos (a) y los indicadores agregados (nivel 1) (b), e índice compuesto de sostenibilidad INSPIA de la finca de estudio (c) para la campaña agrícola 2016/2017.....	77
Figura III-4. Dendograma y ponderación de indicadores de la metodología INSPIA.	78
Figura III-5.- Evolución del índice compuesto de sostenibilidad INSPIA. Serie 2013- 2018.....	78
Figura III-6. Evolución del grado de implementación de la BPAs.	79

Capítulo IV.

Figura IV-1. Croquis de situación de las instalaciones en Montalbán.....106

Figura IV-2. Zona de extensión de paseras en las instalaciones de Montalbán. ...106

Capítulo V.

Figura V-1. Ciclo de trabajo en la pasificación de uva.....165

ÍNDICE DE IMÁGENES

Capítulo III.

Imagen III-1. Utilización de sembradora convencional para sembrar las cubiertas vegetales.....	.81
Imagen III-2. Cubiertas vegetales de cebada en parcelas de viñedo86
Imagen III-3. Aserpiado entre calles.	86
Imagen III-4. Alternancia de manejos de suelo (aserpiado y cubierta vegetal de cebada) en las parcelas de viñedo87
Imagen III-5. Siega química de cubiertas vegetales.	87

Capítulo IV.

Imagen IV-1. Pasera de Montilla en 1940.....	103
Imagen IV-2. Sistema 1 (S_{EM}). Malla de plástico elevada del suelo. (Experiencias primera anualidad).....	109
Imágenes IV-3a y IV-3b. Sistema 2 (S_{EMIP}). Malla de plástico elevada del suelo, cubierta bajo invernadero. (Experiencias primera anualidad).....	109
Imagen IV-4. Sistema 3 (S_M). Sistema tradicional de malla de plástico. (Experiencias primera anualidad).	110
Imágenes IV-5a y IV-5b. Sistema 4 (S_{MP}). Sistema tradicional de malla de plástico, con cubierta de plástico colocada directamente sobre el fruto. (Experiencias primera anualidad).	110
Imagen IV-6. Sistema 5 (S_C). Chapa lisa, apoyada directamente sobre el suelo, sin cubrición. (Experiencias primera anualidad).	111
Imagen IV-7. Sistema 1 (S_M). Tradicional de asoleo. (Experiencias segunda anualidad).	114
Imágenes IV-8a y IV-8b. Sistema 2 (S_{CMIP}). Chapa, malla tradicional e invernadero con plástico sin perforar. (Experiencias segunda anualidad).	114
Imágenes IV-9a y IV-9b. Sistema 3 (Chapa, malla tradicional e invernadero con plástico perforado. (Experiencias segunda anualidad).....	115
Imágenes IV-10a y IV-10b. Sistema 4 (S_{CMPPP}). Chapa, malla tradicional y plástico perforado apoyado directamente sobre las uvas. (Experiencias segunda anualidad).	115

Capítulo V.

Imagen V-1. Paseras de uva.	154
Imagen V-2. Descarga de caja en las paseras de uva.	154
Imagen V-3. Extensión de racimos en paseras de uva.....	155
Imagen V-4. Descarga de cajas de uva del remolque.....	161
Imagen V-5. Trabajador bebiendo agua de un botijo y los contenedores dondevacían los racimos de uva pasa.	162
Imagen V-6. Cubetas de agua para enjuague de manos.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II.

Tabla II-1. Lista de buenas prácticas agrarias INSPIA.	39
Tabla II-2. Indicadores básicos de sostenibilidad INSPIA.	40
Tabla II-3. Matriz de relación de las BPAs INSPIA con los indicadores básicos.....	41
Tabla II-4. Contribución de las BPAs a los ODS de las Naciones Unidas.....	46
Tabla II-5. Lista de indicadores de sostenibilidad utilizados por INSPIA y otras metodologías de evaluación de la sostenibilidad.	47
Tabla II-6. Indicadores básicos utilizados por INSPIA y otras metodologías de evaluación de la sostenibilidad.	49
Tabla II-7. Comparativas entre diferentes metodologías de sostenibilidad. Número de indicadores básicos, alcances temáticos de sostenibilidad y forma de medición de la sostenibilidad.	56

Capítulo III.

Tabla III-1. Valores de los indicadores básicos INSPIA para la finca de estudio (2013/2014-2017/2018).....	76
--	----

Capítulo IV.

Tabla IV-1. Descripción instalaciones Herederos Luis del Pino.	106
Tabla IV-2. Fechas de extendido de las uvas y recolección, primera anualidad....	112
Tabla IV-3. Fechas de los muestreos de campo de cada prueba, primera anualidad.	112
Tabla IV-4. Fechas de extendido y recolección de uvas, segunda anualidad.....	116
Tabla IV-5. Fechas de los muestreos de campo de cada extensión, segunda anualidad.	116
Tabla IV-6. Evolución de la humedad (%), temperatura (máx y mín) y precipitación (mm).	118
Tabla IV-7. Variación del nivel de azúcares (° Baumé) en las tres extensiones ...	119
Tabla IV-8. Variación en los incrementos diarios (solo primer día) de los niveles de azúcares (° Baumé).	120
Tabla IV-9. Variación en los incrementos medios diarios de los niveles de azúcares (° Baumé).	120

Tabla IV-10. Evolución de azúcares (° Baumé) según sistemas de asoleo y extensiones, primera anualidad.....	121
Tabla IV-11. Evolución de la densidad (g/l) del mosto de uva pasa según sistemas de asoleo, primera anualidad.....	122
Tabla IV-12. Evolución del contenido en azúcares totales (g/l) del mosto de uva pasa según sistemas de asoleo, primera anualidad.	124
Tabla IV-13. Incrementos medios diarios de los contenidos de azúcares totales (g/l) según sistemas de asoleo, primera anualidad.....	125
Tabla IV-14. Estudio comparativo de los valores correspondientes a los Grados Baumé, primera anualidad. (1) Resultados de laboratorio de Montalbán y (2) resultados del segundo laboratorio de análisis.....	126
Tabla IV-15. Valores medios de los grados Baumé (°), primera anualidad.....	127
Tabla IV-16. Ordenación de los sistemas de pasificación en el periodo de asoleo.	128
Tabla IV-17. Evolución de la humedad (%), temperatura (máx y mín), precipitación (mm) y media de la radicación solar (MJ/m ² /día).....	130
Tabla IV-18. Variación en azúcares (° Baumé).....	131
Tabla IV-19. Incrementos diarios de niveles de azúcares (° Baumé) para diferentes sistemas de asoleo.....	132
Tabla IV-20. Evolución en el nivel de azucares grados Baumé (°), segunda anualidad.	133
Tabla IV-21. Evolución de la densidad (g/l), segunda anualidad.	134
Tabla IV-22. Evolución de los azúcares totales (g/l), segunda anualidad.	135
Tabla IV-23. Evolución del ácido glucónico (mg/l), segunda anualidad.....	135
Tabla IV-24. Valores medios de parámetros analíticos para los 4 sistemas ensayados.	136
Tabla IV-25. Grados Baumé, densidad y azúcares totales medidos al final del proceso.	137
Tabla IV-26. Identificación de muestras para catar.....	139
Tabla IV-27. Impresión general de todas las muestras de los ensayos de cada extensión en busca de un buen vino Pedro Ximénez.....	140
Tabla IV-28. Reproductividad de las muestras ¿Son similares las muestras catadas en las repeticiones A y B?	140

Tabla IV-29. Impresión de los catadores con respecto a la similitud de las muestras a la referencia.	141
Tabla IV-30. Valoración cuantitativa de las muestras elegidas con respecto a la Tabla IV-29.....	141
Tabla IV-31. Vinos óptimos Pedro Ximénez ¿Cuáles son los mejores vinos Pedro Ximénez, incluyendo las referencias?	142
Tabla IV-32. Valoración cuantitativa de los "sistemas elegidos" con respecto a la Tabla IV-31.....	142

Capítulo V.

Tabla V-1. Distribución de los trabajadores por grupo homogéneo y sexo.	157
Tabla V-2. Síntesis de la situación de trabajo en las paseras de la DOP. Montilla-Moriles.	159
Tabla V-3. Posturas observadas en trabajadores(as) de paseras.....	167
Tabla V-4. Posturas de trabajo y porcentajes de tiempo para los trabajadores de las paseras durante un día de trabajo.	168

ANEXOS

Anexo I. Listado de indicadores de sostenibilidad INSPIA. 189

CAPITULO I.

Introducción, hipótesis y objetivos.

Estructura de la tesis

CAPITULO I.-Introducción, hipótesis y objetivos. Estructura de la tesis

I-1. INTRODUCCIÓN

I-1.1. Caracterización del viñedo en la Denominación de Origen Protegida 'Montilla-Moriles'

Desde el año 1860, y principalmente debido a las labores comerciales de algunos pequeños agricultores de la zona de Montilla, patrocinados por el Conde de la Cortina, se desarrolla fuertemente la industria relacionada con el vino como producto agrícola, y se van estableciendo las bases de lo que empezó a ser la riqueza de este municipio vitivinícola y sus alrededores (Consejo Regulador DOP.'Montilla-Moriles', 2013). En el 1933, y debido al vínculo existente entre la calidad del vino producido y la zona geográfica de los alrededores de Montilla y de Moriles, se reconoce oficialmente la figura de protección como Denominación de Origen Protegida (DOP) a la zona geográfica de 'Montilla Moriles', por lo que se ampara en exclusividad a los elaboradores y a los criadores ubicados en los términos municipales de dicha zona de producción y crianza (Ley de 26 de mayo de 1933). Otro hito importante en la zona, se produjo a partir del 1960 con la creación de las grandes cooperativas que modernizaron la industria vitivinícola, equipándose con los últimos avances tecnológicos, como respuesta a la necesidad de alcanzar una agricultura más competitiva.

Según la Ley 24/2003, de 10 de julio, de la Viña y el Vino, la zona de Montilla-Moriles constituye un ecosistema de calidad diferenciada, como consecuencia de las características propias y particulares existentes en este medio geográfico en las que se producen las uvas y se elaboran vinos. En la actualidad, la DOP. 'Montilla-Moriles' ampara 4.823 ha de viñedo en el sur de la provincia cordobesa (Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2018), y está regulada por el actual Reglamento de funcionamiento de la propia denominación de origen recogido en la Orden de 3 de mayo de 2016. Esta normativa identifica varios requerimientos y restricciones que deben de cumplirse en la zona, tales como, las variedades de vid, los límites geográficos de la DOP, las prácticas enológicas que pueden realizar, así como los métodos de elaboración y crianza de sus vinos, para que dichos caldos lleguen hasta el consumidor con una determinada garantía de calidad.

De manera histórica la zona de Montilla-Moriles se ha caracterizado por la elaboración de vinos generosos usando para ello uva blanca principalmente de la variedad Pedro Ximénez. La variedad Pedro Ximénez es la que se ha impuesto

paulatinamente por lo que ocupa actualmente el 85% del viñedo de la zona (Fuentes García y Veroz Herradon, 2000). Esta variedad de uva se caracteriza por tener un hollejo de poco espesor, y bayas no demasiado grandes, lo cual permite una mejor evaporación del agua durante la pasificación de los frutos (Dumitriu *et al*, 2015). Entre los vinos generosos se encuentran los siguientes; fino, amontillado, oloroso y palo cortado. Asimismo, la DOP. de 'Montilla-Moriles' elabora vinos dulces naturales, como el Pedro Ximénez, calificado como el 'vino del sol', producido con la variedad de uva que lleva su nombre la Pedro Ximénez, y considerado el producto estrella del marco vitivinícola por su dulzor natural.

Tal y como se observa en la Figura I-1, la comarca de Montilla-Moriles se ubica en el centro de Andalucía, al sur de la provincia de Córdoba, entre los paralelos 37° 11' y 37° 40'. Las coordenadas UTM que comprenden esta zona vitivinícola que ocupa 178.871,70 ha, son (335.984,452; 412.8854,733) y (397.151,357; 418.6264,457). El límite de la Denominación de Origen posee un perímetro de 298.173,53 metros.

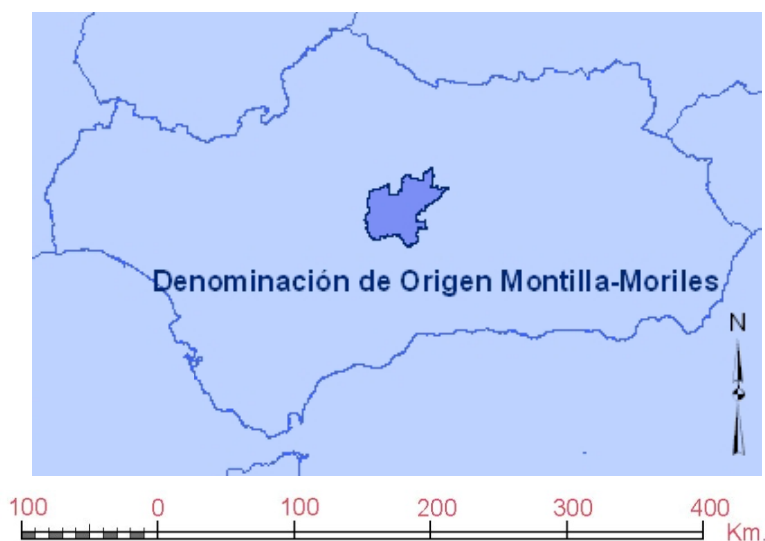


Figura I-1. Situación de la DOP. 'Montilla-Moriles'. Fuente: Elaboración propia.

Los ríos Guadajoz y Genil limitan las fronteras occidental y oriental, de la superficie amparada por esta denominación, en tanto que el Guadalquivir, al norte, y las sierras de la Subbética al sur, delimitan su contorno. La zona de producción de la DOP. engloba los siguientes términos en su totalidad: Montilla, Moriles, Doña Mencía, Montalbán, Monturque, Nueva Carteya y Puente Genil; y en parte de los siguientes términos: Aguilar de la Frontera, Baena, Cabra, Castro del Río, Espejo,

Fernán-Núñez, La Rambla, Lucena, Montemayor y Santaella. En la Figura I-2, se reflejan los municipios que integran esta zona de producción vitícola.

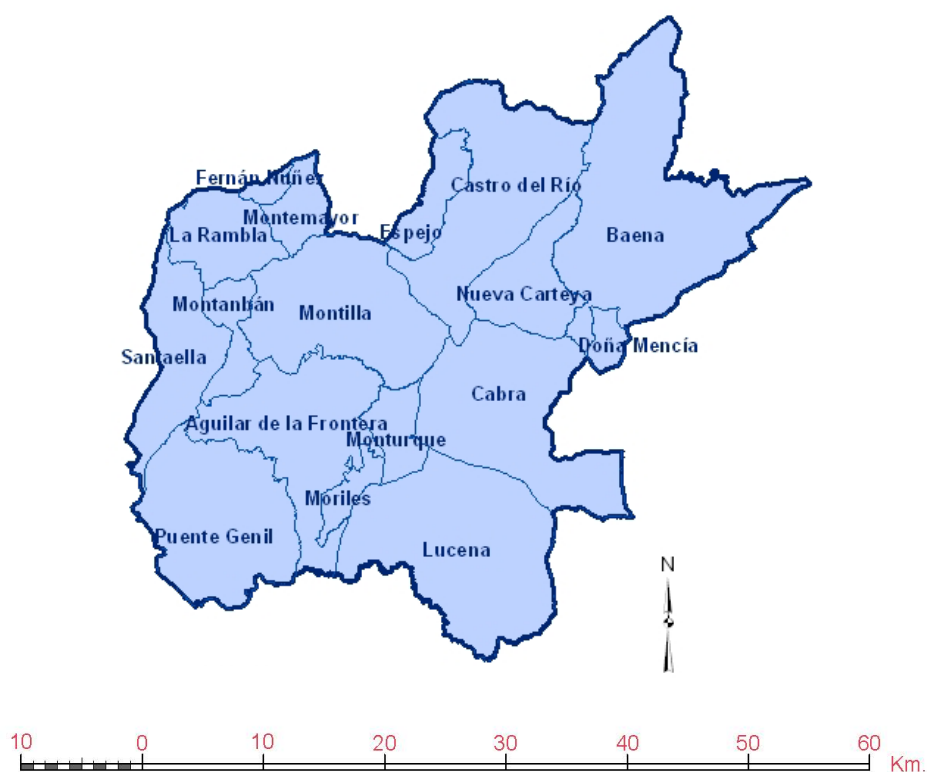


Figura I-2. Municipios integrantes de la DOP. 'Montilla-Moriles'. Fuente: elaboración propia.

Dentro de la zona vitícola de Montilla-Moriles se distinguen la subzona de 'Calidad Superior', constituida por terrenos delimitados y seleccionados por sus especiales cualidades edafológicas: son los alberos de la Sierra de Montilla y de Los Moriles Altos, donde la tierra albariza provee las mejores condiciones para obtener los vinos de calidad superior, y por otra parte la subzona de 'Producción' (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2003) formada por la superficie restante. Según las últimas estadísticas del Consejo Regulador de Montilla-Moriles, en la actualidad 1.752 ha se localizan dentro de la zona de calidad superior, mientras que, 3.251 ha pertenecen a viñedos de la zona de producción (Consejo Regulador, 2018).

A partir los años 70, la superficie de viñedo de la DOP. ha mostrado una tendencia decreciente, desde 15.553 ha inscritas en el año 1972, hasta las 4.823 ha registradas en la actualidad (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2017; Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2018), (Figura I-3a). No obstante, a partir del 1988/1989, se observa una tendencia decreciente más acusada, debido fundamentalmente a los arranques del cultivo subvencionados

hasta los años 1996/1997 en los que la superficie de viñedo en la zona comienza a estabilizarse hasta el 2002, para continuar con un descenso notable hasta nuestros días. Es decir, la superficie de viñedo ha disminuido casi un 69% durante los últimos 47 años. No obstante, el abandono de viñedo no se ha producido en la misma medida en ambas subzonas. Según los datos del Consejo Regulador de Montilla-Moriles, en los últimos 25 años, la zona de producción ha reducido su superficie en un 70%, mientras que la zona de calidad superior ha disminuido un 30% (Figura I-3b).

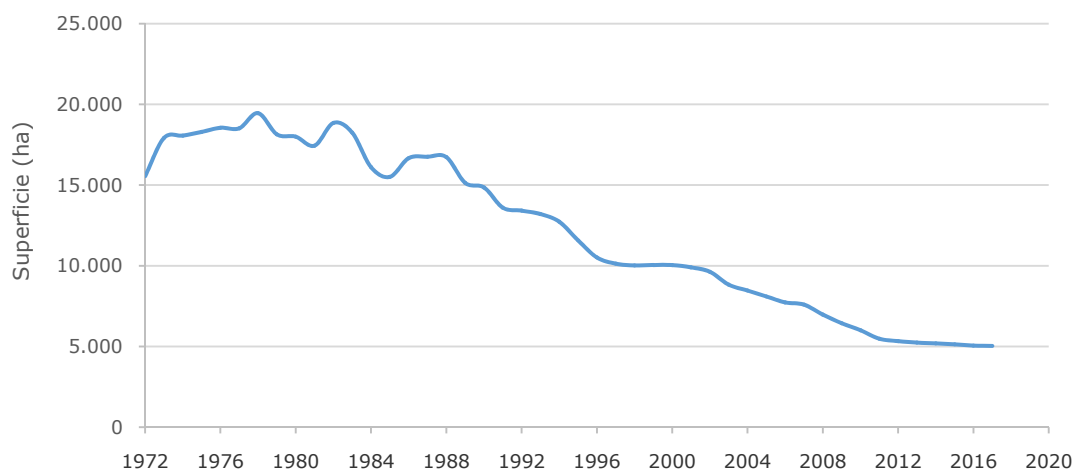


Figura I-3a. Evolución de la superficie de viñedo de la DOP. 'Montilla-Moriles' (1972-2018).

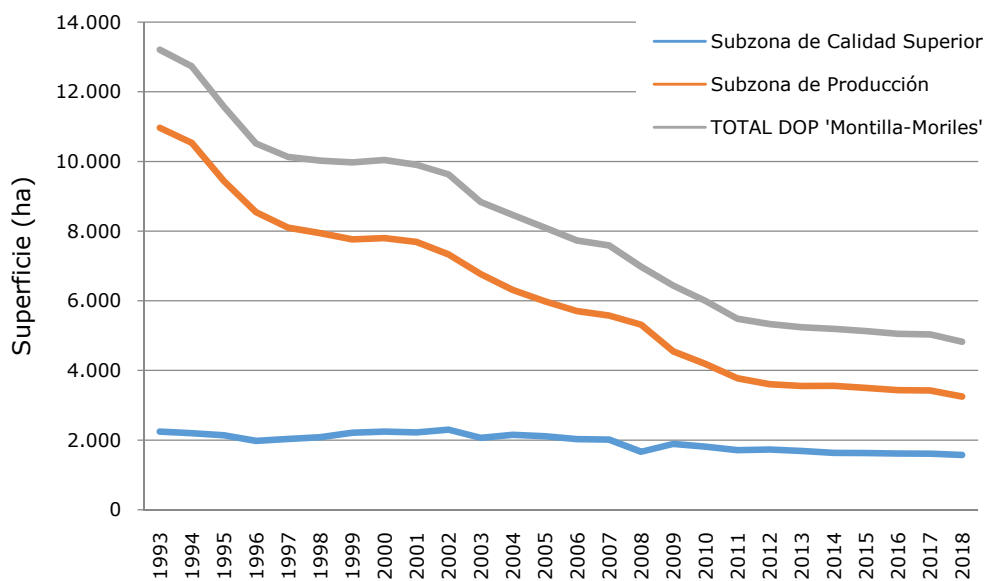


Figura I-3b. Evolución de la superficie de viñedo de Calidad Superior y Producción. Fuente: elaboración propia a partir de datos del Consejo Regulador de 'Montilla-Moriles'.

Una de las principales causas de abandono del viñedo fue el primer programa comunitario de incentivos al arranque de viñedo que tuvo comienzo en la campaña 1986/87 hasta su finalización en 1990 (Fuentes García y Veroz Herradón, 2000). Este programa pretendía compensar el creciente desequilibrio existente en el mercado vitivinícola, adecuando la producción a la demanda. Posteriormente, la prima por abandono definitivo de la viticultura contemplada en la OCM de 1999 (Reglamento (UE) 1493/1999) estimuló notablemente el abandono de la actividad vitícola en la DOP. 'Montilla-Moriles'. No obstante, el notable descenso de superficie a partir del año 2004, estuvo más justificado por la caída del precio de la uva, la inexistencia del relevo generacional de los viticultores, y las oportunidades que ofrecía el cultivo del olivar en la zona de la DOP.(Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2017). Por otra parte, desde la campaña 2008 hasta la campaña 2011, la Unión Europea (UE) ha subvencionado de nuevo el arranque de viñedos con interesantes ayudas económicas (Reglamento (UE) 479/2008), lo que volvió a acentuar el descenso de superficie. Esta medida, ha sido uno de los instrumentos establecidos por la Comunidad Europea para conseguir la reestructuración del sector vitivinícola en las últimas reformas de la Organización Común de Mercado (OCM). En definitiva, la DOP. 'Montilla-Moriles' se ha visto sumergida en una fuerte crisis que ha desencadenado un descenso acusado de superficie, originado por varios factores; el bajo precio del producto, la inexistencia de relevo generacional, las subvenciones por arranque de viñedo, la sustitución del cultivo por otras alternativas como el olivar, el propio envejecimiento de las plantaciones, y/o la imposibilidad de mecanizar la recolección en el caso de viña en vaso¹ entre otros.

Por otra parte, y según datos del registro vitivinícola de la Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, desde la campaña 2001 hasta el 2018, más de un 50% de los viñedos de Montilla-Moriles se han rejuvenecido, en concreto 3.224,40 ha. Los viñedos se han reestructurado y reconvertido, como consecuencia de las ayudas comunitarias de reestructuración y reconversión del cultivo contempladas en las OCMs de 1999 (Reglamento (EU) 1493/1999), de 2008 (Reglamento (EU) 479/2008), así como en la actual de 2013 (Reglamento (EU) 1308/2013), modernizando sus sistemas de conducción y haciéndose mecanizables, al instalar el cultivo en espaldera². Estas medidas han estado orientadas desde sus

¹ Plantación 'en vaso': sistema de plantación tradicional a un marco de 2 m x 2 m, que supone una densidad aproximada de 2.500 cepas/plantas por hectárea.

² Espaldera: Sistema de cultivo que busca el porte más alto del cultivo para facilitar las labores culturales y la mecanización. Densidad de plantación aproximada de 3.500 plantas por hectárea. Marcos de plantación frecuentes: 2,75 m x 1,25 m; 3 m x1,25 m y 3 m x1,35 m.

inicios a aumentar la productividad de los viñedos, y así contribuir a mejorar los sistemas de producción sostenibles y la huella ambiental³ del sector vitivinícola.

I-1.2. La sostenibilidad en el marco de la Política Agroambiental Europea. Los desafíos de la agricultura actual

Las futuras políticas agrarias y medioambientales deben ofrecer solución a los retos a los que en la actualidad se enfrenta la agricultura. Desafíos tales como: la gestión sostenible sobre los recursos naturales, el cambio climático y su mitigación, la mejora de la competitividad para resistir a la globalización y al aumento de la volatilidad de los precios, son algunos de ellos que han intentado abordarse en las últimas reformas de la Política Agrícola Comunitaria (PAC). En este contexto, la Comisión Europea (CE) para el sector agrario, promueve políticas que contribuyan al crecimiento inteligente aumentando la eficiencia de los recursos y potenciando la economía circular, así como mejorando la competitividad de las explotaciones, y fomentando la innovación e investigación de dicho sector. Los tres objetivos generales identificados por la CE en aras a la nueva reforma de la PAC son (Comisión Europea, 2017):

- Promover un sector agrícola resiliente e inteligente;
- intensificar el cuidado del medio ambiente y la acción por el clima, que contribuyen a alcanzar los objetivos climáticos y medioambientales de la UE;
- fortalecer el tejido socioeconómico de las zonas rurales.

Tal y como se muestra en la Figura I-4, la Comisión Europea en su última propuesta de reforma de la PAC pretende abordar 9 objetivos para conseguir una agricultura sostenible, productiva y competitiva. Por un lado, un sector agrícola resiliente e inteligente, representa unos agricultores con una renta justa, que a su vez estimule sus inversiones para afrontar las condiciones fluctuantes de los mercados, y les oriente en su gestión de riegos. Por otra parte, intensificar el cuidado del medio ambiente y la acción por el clima, en términos simples, significa comprometerse con la provisión de bienes públicos y de servicios ecosistémicos relacionados con el suelo, la biodiversidad, la calidad del agua, la acción por el

³ Huella ambiental: Es una metodología establecida por la Comisión Europea entre 2011 y 2012, común para todos los Estados miembros, que permite valorar, evaluar y comparar el comportamiento ambiental de productos, servicios y empresas sobre la base de una evaluación exhaustiva de su impacto ambiental en todo el ciclo de vida.

clima y la prestación de servicios relacionados con el paisaje, para poder garantizar los objetivos fijados en materia de clima y energía para 2030. En este sentido, cabe recordar que la UE, es líder mundial en la protección del medio ambiente y acción por el clima (Comisión Europea, 2018a), hecho que se demuestra con la amplia gama de políticas y otras herramientas, que ésta ha puesto en marcha en los últimos 40 años. Finalmente, fortalecer el tejido socioeconómico de las zonas rurales implica promocionar el crecimiento y el empleo en el entorno rural, contribuyendo al desarrollo de zonas rurales prósperas y atractivas, caracterizadas por la dinamización de las nuevas generaciones del sector agrario. En la actualidad, más de 66 millones de empleos dependen directa o indirectamente del medio rural, bien sea del propio sector agrario o de la industria agroalimentaria (Comisión Europea, 2017).



Figura I-4. Objetivos de la PAC a partir del 2021. Fuente: Comisión Europea, 2018b.

Se hace necesaria una agricultura sostenible, que satisfaga las demandas de una población mundial en crecimiento (FAO, 2015), más productiva y eficiente en recursos, que integre la protección de los recursos naturales en su enfoque y ayude a enfrentar todos estos desafíos, permitiendo obtener más de todo: más alimentos, más cultivos no alimentarios, más biodiversidad y más hábitats naturales, a la vez que se va constituyendo como herramienta valiosa para la mitigación del cambio climático. Este concepto de sostenibilidad brinda "oportunidades para optimizar la producción de cultivos por unidad de área, teniendo en cuenta aspectos de sostenibilidad, incluyendo los impactos sociales, políticos, económicos y

ambientales". Preservar el potencial de producción de alimentos de manera sostenible en toda la UE ayudará a lograr este objetivo global para la sociedad en general. Pero, ¿qué significa esto en la práctica y cómo pueden compatibilizarse los objetivos propuestos en la futura PAC (2021-2027)?

El centro del desarrollo sostenible radica en disfrutar de una vida digna, que concilie la prosperidad económica y la eficiencia, la inclusión social y la responsabilidad medioambiental (Comisión Europea, 2016). Ya desde 2010, la Comisión Europea en su comunicación Estrategia Europa 2020, indicó que el desarrollo sostenible debía integrar un crecimiento inteligente, sostenible e integrador (Comisión Europea, 2010). En la actualidad, dicha institución continúa orientando la agricultura hacia la sostenibilidad, estableciendo las líneas básicas que dan respuesta a las necesidades identificadas en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, e intentando conseguir los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas. Es decir, en su sentido más holístico, la CE propone una nueva estructura 'verde' (medioambiental) para la reforma de PAC (2021-2027) con nuevos requisitos, y medidas medioambientales y de acción por el clima, establecidos a través de una condicionalidad mejorada⁴ y de un sistema de eco-esquemas⁵, (Comisión Europea, 2018c). La UE desea contribuir en el logro de compromisos internacionales tales como el Acuerdo de París firmado durante el 21^{er} periodo de sesiones de la Conferencia entre las Partes (Naciones Unidas, 2015), con respecto al cambio climático, o los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas en relación a aspectos más amplios de desarrollo internacional.

Con respecto a las prioridades definidas en las propuestas actuales de reforma de la PAC, ¿qué requisitos deben cumplir los sistemas de producción agrícola para proporcionar la mejor solución? En términos prácticos, la agricultura sostenible debe ser productiva con respecto a la producción total por unidad de superficie de tierra, y competitiva en cuanto a la utilización de recursos, produciendo más con menos. Lograr estos dos objetivos no solo aumentaría la competitividad y la sostenibilidad económica, sino que también mejoraría la protección del medio

⁴ Condicionalidad mejorada: medidas obligatorias para los agricultores establecidas para la estructura 'verde' en la nueva PAC (2021-2027). Se han indicado en la propuesta de reforma de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC).

⁵ Eco-esquemas: medidas voluntarias para los agricultores determinadas para el pilar I de la estructura 'verde' de la nueva PAC (2021-2027). Se han indicado en la propuesta de reforma de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC).

ambiente y la biodiversidad (Baig y Gamache, 2009; Kassam *et al.*, 2010), facilitando el mantenimiento de la actividad agraria en las zonas menos favorecidas, al tratarse de sistemas de producción competitivos en términos económicos (Strelecek *et al.*, 2008). Un enfoque sostenible agrario, que intente alcanzar todos los objetivos descritos en la comunicación de la Comisión "El futuro de los alimentos y de la agricultura" (Comisión Europea, 2017) requiere sistemas de producción que conserven el capital natural, utilizando los conocimientos y las tecnologías disponibles para optimizar los recursos, preservando e incluso mejorando el medio ambiente, y estableciendo las bases de producción para las generaciones futuras.

En este sentido, para identificar algunos de los problemas medioambientales que pueden ser subsanables con la aplicación de buenas prácticas agrarias, la Comisión Europea desde el 2000 trata de aplicar sistemas de evaluación de indicadores (Sommer y Hain, 2017). En nuestros días, la última propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo (2018b), por el que se establecen normas para los planes estratégicos de la PAC, propone construir políticas más orientadas hacia el rendimiento, y para ello, contar con un conjunto de indicadores que permitan evaluar el cumplimiento, la eficacia y la efectividad de dichas políticas que intentan avanzar hacia una agricultura sostenible.

En este contexto, la presente tesis en su capítulo II, presenta una metodología validada para evaluar el grado de sostenibilidad de las explotaciones de cultivos, bien sean de cultivos anuales, permanentes o mixtas. Mientras que en el capítulo III de la tesis, se muestran los resultados de aplicación de dicha metodología, denominada INSPIA, a una explotación mixta de viñedo y olivar durante cinco campañas agrícolas. Una vez destacada la importancia de la sostenibilidad agraria en nuestros días, y particularizando en el sector vitivinícola, es relevante incidir que la última OCM del vino contempla como mejora elegible, y por lo tanto susceptible de ser apoyada, la introducción de sistemas avanzados de producción sostenible para la gestión del viñedo (Reglamento (UE) No 1308/2013).

Posteriormente, en los capítulos IV y V, se analizarán estudios de mejoras de los procesos de pasificación de la uva para elaborar vino dulce 'Pedro Ximénez', tanto del propio proceso de secado de la uva como de las condiciones de trabajo de los trabajadores en las paseras, emplazamientos donde se seca la uva al sol (Triviño-Tarradas *et al.*, 2012). En este último análisis cobran especial importancia los aspectos ergonómicos, de higiene postural y de seguridad y salud en el trabajo.

I-2. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Bajo la hipótesis de la existencia de mejoras en cuanto a las prácticas agrarias y procedimientos técnicos que permiten desarrollar los productos vitivinícolas de una manera más sostenible y competitiva, así como, mejoras en el propio desarrollo de los trabajos de pasificación. Los objetivos que se pretenden alcanzar con la presente tesis son los siguientes:

- Establecer una metodología para evaluar la sostenibilidad agraria para explotaciones tanto de cultivos anuales, como permanentes. Particularizando en una explotación de la Denominación de Origen Protegida de 'Montilla-Moriles' (O1).
- Estudiar posibles mejoras del proceso de secado-pasificación de la uva en las paseras para la elaboración de vino dulce (O2).
- Analizar mejoras ergonómicas en las tareas de pasificación de la uva en las paseras (O3).

I-3. ESTRUCTURA DE LA TESIS

Esta tesis está dividida en seis capítulos. Dos de ellos comprenden artículos publicados en diferentes revistas de impacto. 'Sustainability' – Capítulo II y 'Salud para los Trabajadores' – Capítulo V.

Capítulo I: Introducción, hipótesis y objetivos. Estructura de la tesis doctoral.

Capítulo II: Evaluación de la sostenibilidad de cultivos anuales y permanentes: El modelo INSPIA.

Capítulo III: Evaluación de la sostenibilidad agraria de una finca vitivinícola de la DOP. 'Montilla-Moriles' a través de la metodología INSPIA.

Capítulo IV: Estudio de mejoras del proceso de secado-pasificación de la uva en las paseras para la elaboración de vino dulce Pedro Ximénez.

Capítulo V: Mejoras en las condiciones de trabajo en las paseras. Caso Denominación de Origen Protegida 'Montilla-Moriles' (España).

Capítulo VI: Resumen y conclusiones generales.

Los objetivos planteados en la tesis se abordan en los siguientes capítulos:

(O1) en el capítulo II, artículo revisado por pares, **publicado en revista indexada en el Journal Citation Report (JRC)**: Trivino-Tarradas, P., Gomez-Ariza, M.R.,

Basch, G., Gonzalez-Sanchez, E.J., 2019. Sustainability Assessment of Annual and Permanent Crops: The Inspia Model. *Sustainability*, 11(3), 738; <https://doi.org/10.3390/su11030738>. Y su aplicación práctica en el capítulo III.

(O2) en el capítulo IV.

(O3) en el capítulo V, artículo revisado por pares, **indexado en Lantindex**: Triviño-Tarradas, P., Sánchez-Tovar, L., Escalona, E., 2012. Condiciones de trabajo en las paseras. Caso Denominación de Origen Montilla-Moriles (España). *Salud de los Trabajadores*, 20(2), pp. 141-154. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3758/375839305003.pdf>.

I-4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baig, M.N., Gamache, P.M., 2009. The Economic, Agronomic and Environmental Impact of No-Till on the Canadian Prairies. Alberta Reduced Tillage Linkages, Canada.
- Comisión Europea, 2010. Comunicación de la Comisión Europea sobre la estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador. Europa 2020. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:2020:FIN:ES:PDF> (acceso en 21/12/2018).
- Comisión Europea, 2016. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre las próximas etapas para un futuro europeo sostenible: Acción europea para la sostenibilidad. COM (2016) 739 final. Disponible en: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2016/ES/COM-2016-739-F1-ES-MAIN.PDF> (acceso en 21/12/2018).
- Comisión Europea, 2017. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el Futuro de los Alimentos y de la Agricultura. COM (2017) 713 final. Disponible en: https://ec.europa.eu/agriculture/sites/agriculture/files/future-of-cap/future_of_food_and_farming_communication_es.pdf (acceso en 22/12/2018).
- Comisión Europea, 2018a. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece un Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima (LIFE) y se deroga el Reglamento (UE) nº 1293/2013. COM (2018) 385 final. Disponible en: [25](https://eur-</div><div data-bbox=)

- lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:ad186f8e-6587-11e8-ab9c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF (acceso en 22/12/2018).
- Comisión Europea, 2018b. Objetivos de la PAC. Propuestas legislativas. Disponible en: <https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap> en (acceso en 03/01/2019).
 - Comisión Europea, 2018c. Propuesta de Reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establecen normas en relación con la ayuda a los planes estratégicos que deben elaborar los Estados miembros en el marco de la política agrícola común (planes estratégicos de la PAC), financiada con cargo al Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) y al Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader), y por el que se derogan el Reglamento (UE) n.º 1305/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (UE) n.º 1307/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo. Disponible en: <file:///C:/Users/Paula%20Trivi%C3%B1o/Downloads/PART-2018-320276V1.pdf> (acceso en 22/12/2018).
 - Consejería de Agricultura y Pesca, 2003. Diagnóstico del Sector Vitivinícola en el Marco de Montilla-Moriles. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165632Diagnxstico_del_sector_vitivincola_en_el_marco_de_Montilla_Moriles.pdf (acceso en 14/01/2019).
 - Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2017. *El sector del vino andaluz en cifras*. Secretaria General de Agricultura y Alimentación. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios_informes/17/11/El_sector_del_vino_andaluz_en_cifras_SEE.pdf (acceso en: 21/12/2018).
 - Consejo Regulador de Montilla-Moriles, 2013. Disponible en: https://www.montillamoriles.es/images/ficheros/denominacion_origen.pdf (acceso en 21/12/2018).
 - Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2018. Estadísticas 2017. Consejo Regulador de Montilla-Moriles. Disponible en: <https://www.montillamoriles.es/la-denominacion/conocenos/datos-de-interes/estadisticas.html> (acceso en 26/02/2019).
 - Dumitriu, D., Peinado, R.A., Peinado, J., de Lerma, N.L., 2015. Grape pomace extract improves the in vitro and in vivo antioxidant properties of wines from sunlight dried PedroXimenez grapes. *Journal of Functional Foods* 17, 380-387.

- FAO, 2015. Sustainable Crop Production Intensification. Disponible en: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/spi/en/> (acceso en 21/12/2018).
- Fuentes García, F.J., Veroz Herradón, R., 2000. Plan Estratégico de la Denominación de Origen Montilla Moriles. Universidad de Córdoba.
- Kassam, A., Friedrich, T., Derpsch, R., 2010. Conservation Agriculture in the 21st Century: A Paradigm of Sustainable Agriculture. Proceedings of the European Congress on Conservation Agriculture: Towards Agro-Environmental Climate and Energetic Sustainability. Madrid, 19-68.
- Ley de 26 de mayo de 1933. Impresión de la Gaceta de Madrid (4 de junio 1933) Nº 155. Disponible en: <https://www.boe.es/datos/pdfs/BOE//1933/155/A01682-01683.pdf> (acceso en 03/01/2019).
- Ley 24/2003, de 10 de julio, de Viña y Vino. BOE número 165, de 11 de julio de 2003.
- Naciones Unidas, 2015. Acuerdo sobre el Cambio Climático. Disponible en: <https://unfccc.int/es/news/final-cop21> (acceso en 22/12/2018).
- Orden de 30 de noviembre de 2011, por la que se aprueba el Reglamento de funcionamiento de las Denominaciones de Origen «Montilla-Moriles» y «Vinagre de Montilla-Moriles», así como sus correspondientes Pliegos de Condiciones. Disponible en: <http://www.montillamoriles.es/Documents/REGLAMENTO%20DEL%20CRDOP%20MONTILLA%20MORILES.pdf> (acceso en 21/12/2018).
- Orden 3 de mayo de 2016 (BOJA 89 de 12 de mayo 2016), por la que se emite decisión favorable en relación a la solicitud de aprobación de una modificación del pliego de condiciones de la denominación de origen protegida 'Montilla-Moriles'. Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2016. Disponible en: <https://www.montillamoriles.es/Documents/PC%20DOP%20MONTILLA-MORILES.pdf> (acceso en 26/02/2019).
- Reglamento (CE) nº 1493/1999 del Consejo, de 17 de mayo de 1999, por el que se establece la organización común del mercado vitivinícola. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:31999R1493&from=ES> (acceso en 21/12/2018).
- Reglamento (CE) nº 479/2008 de 29 de abril de 2008 por el que se establece la organización común del mercado vitivinícola, se modifican los Reglamentos (CE) no 1493/1999, (CE) no 1782/2003, (CE) no 1290/2005 y (CE) nº 3/2008 y se derogan los Reglamentos (CEE) no 2392/86 y (CE) no 1493/1999. Disponible

en: <http://www.wipo.int/edocs/lexdocs/laws/es/eu/eu059es.pdf> (acceso en 21/12/2018).

- Reglamento (UE) nº 1308/2013 del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de diciembre de 2013 por el que se crea la organización común de mercados de los productos agrarios y por el que se derogan los Reglamentos (CEE) nº 922/72, (CEE) no 234/79, (CE) no 1037/2001 y (CE) no 1234/2007. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/regulacion-de-los-mercados/Reglamento-1308-2013-ocm-unica_tcm30-135235.pdf (acceso en 21/12/2018).
- Sommer, B., Hain, A., 2017. Europe as a Green Leader? A brief evaluation of both the European Union's Climate and Energy Policy and Common Agricultural Policy. *Culture, Practice and Europeanization*, 2017. Vol. 2, No. 2. 34-46.
- Strelecek, F., Lososova, J., Zdenekm R., 2008. Economic results of agricultural holdings in less favoured areas. *AgricEcon* 44: 510-520.
- Triviño-Tarradas, P., Sánchez-Tovar, L., Escalona, E., 2012. Working conditions in "paseras" (raisin-making operations). Case Denomination of Origin Montilla-Moriles. (Spain). *Salud de los Trabajadores* 20 (2), 141-154. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3758/375839305003.pdf> (acceso en 16/02/2019).

CAPITULO II.

Evaluación de la sostenibilidad de cultivos anuales y permanentes: el modelo INSPIA

Traducción del artículo:

Triviño-Tarradas, P., Gomez-Ariza, M.R., Basch, G., Gonzalez-Sanchez, E.J., 2019.
Sustainability Assessment of Annual and Permanent Crops: The Inspia Model.
Sustainability, 11(3), 738;
<https://doi.org/10.3390/su11030738>.

CAPITULO II. Evaluación de la sostenibilidad de cultivos anuales y permanentes: el modelo INSPIA

II-1. INTRODUCCIÓN

La agricultura se enfrenta a muchos desafíos. Tiene que producir más alimentos y otras materias primas para satisfacer las demandas de una población en aumento. La agricultura debe también contribuir a una prosperidad económica y al bienestar social, a la vez que asegurar la conservación de los recursos naturales tales como el suelo, el agua y la biodiversidad. La utilización de recursos finitos obliga a la agricultura a actuar y desarrollar su actividad de forma sostenible (OECD, 1999). Por ello, en este contexto, hay un creciente interés en la sociedad europea, en mejorar las relaciones entre la producción agrícola y el medioambiente (Kassam *et al.*, 2017). Realmente, la sostenibilidad agrícola es una prioridad transversal de la Unión Europea (UE), y ésta implica la conservación de ecosistemas, la mejora de la biodiversidad, así como la conservación de la calidad del agua y del suelo de los ecosistemas agrarios (Overmars *et al.*, 2014; Comisión Europea, 2011, 2017).

Existe un amplio consenso en cuanto a que la sostenibilidad agraria implica cubrir las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones con respecto a la alimentación, y la producción energética (biomasa) (Hansen, 1996). Desde 1987, fecha en la que datan las primeras discusiones sobre la sostenibilidad en el ámbito rural (Bruntland, 1987), en la bibliografía científica se pueden encontrar numerosos intentos para medirla, que han sido aplicados desde el nivel de finca hasta niveles superiores, incluso ámbitos regionales o nacionales (Gasparatos, 2010). Debido a la inherente naturaleza multi-dimensional del concepto de desarrollo sostenible, se acepta que la sostenibilidad agraria debe abordar tres pilares: el económico (que sea viable para la supervivencia de las fincas); el social (relacionado con el mantenimiento o mejora de las condiciones de vida y laborales de los agricultores); y el medioambiental (buscando la protección o mejora del medio ambiente, preservando el capital natural), (Pope *et al.*, 2004; Pope, 2006; Dahl, 2012; Zahm *et al.*, 2008; Lichtfouse *et al.*, 2009; Craheix *et al.*, 2012; Marchand *et al.*, 2014; Gan *et al.*, 2017; Migliorini *et al.*, 2018).

Existen diversas iniciativas que han tenido éxito en la evaluación de temas específicos para los sistemas agrarios, tales como la calidad de suelo (Bohanec *et al.*, 2007). No obstante, existe una falta de consenso entre los interesados sobre los criterios a tener en cuenta a la hora de evaluar la sostenibilidad agrícola (Lichtfouse *et al.*, 2009). Según la literatura, hasta las dos últimas décadas, no han

existido muchos enfoques sobre la evaluación de la sostenibilidad agrícola basados en las tres dimensiones social, económica y medioambiental (Sadok *et al.*, 2009; Dantsis *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2012). En la mayoría de los casos, la atención se enfoca en tan sólo un aspecto (económico, social o medioambiental) (Binder *et al.*, 2010; Singh *et al.*, 2012; Molinos-Senante *et al.*, 2014).

Los avances hacia la sostenibilidad global dependen enormemente de cada uno de los agricultores de las más de 570 millones de fincas distribuidas por todo el mundo (Lowder *et al.*, 2016), que son, en definitiva, los principales agentes que toman las decisiones sobre las prácticas agrarias a implementar. La forma de acercarnos a una agricultura sostenible se consigue aplicando una serie de buenas prácticas agrarias (BPAs), que mejoran la actuación convencional. En este sentido, la transferencia de una mejor tecnología a los agricultores es, por consiguiente, esencial para que puedan mejorar el medioambiente a la vez que producen alimentos de calidad (Pretty, 2008; Coteur *et al.*, 2016). Los agricultores son un valor para la sociedad (FAO, 2007), ya que realmente son los gestores de los recursos naturales de los ecosistemas agrarios en el mundo. De hecho, una gran parte de la biodiversidad en la agricultura depende notablemente de la gestión que se realice de la tierra de cultivo (Overmars *et al.*, 2014). Las BPAs en la agricultura juegan un papel importante en la conservación no sólo de la biodiversidad, sino también de todo el capital natural. Por lo tanto, las BPAs ofrecen servicios al ecosistema a la vez que ayudan a los agricultores a proveer alimentos y otros productos (Comisión Europea, 2017).

En los últimos años, las políticas agrícolas europeas se inclinan hacia el aumento de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo, mediante el desarrollo de políticas que procuran la rentabilidad económica, la seguridad ambiental y la equidad social. La Política Agrícola Común (PAC) ha experimentado un proceso de "reverdecimiento", desde las primeras medidas agroambientales en la reforma de 1992 hasta las prácticas actuales beneficiosas para el medio ambiente y para el clima en el período 2014-2020. Las actuales obligaciones ecológicas en el "Pilar I" de la PAC (2014-2020), y la disposición hacia una PAC más ecológica se han justificado en cada uno de los foros donde se ha analizado la PAC, y en este sentido vuelve a ser relevante tal y como se indica en el COM (2017) 713 "El futuro de la Alimentación y la Agricultura" (Comisión Europea, 2017) y en las recientes propuestas para la próxima regulación de la PAC (COM(2018) 392 final), (Comisión Europea, 2018). En el futuro, es muy probable que haya una mayor demanda para evaluar y medir la sostenibilidad agrícola a través de iniciativas holísticas flexibles (Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010; Pelzer *et al.*, 2012; Paracchini *et al.*, 2015), que

consideren la implementación de esquemas y medidas orientados a la obtención de resultados (Burton y Schwarz, 2013; Runhaar *et al.*, 2017).

En este contexto, el objetivo de este artículo es proponer una metodología para evaluar la sostenibilidad a nivel de finca, proporcionando un índice de sostenibilidad agrícola basado en un conjunto de indicadores verificables. El proyecto europeo INSPIA (Iniciativa para la Agricultura Productiva Sostenible) ofrece a los agricultores y asesores una herramienta para identificar cómo mejorar el rendimiento agrícola de una manera sostenible en las explotaciones, mediante la evaluación de indicadores antes y después de la implementación de las BPAs (INSPIA, 2014). En este contexto, la recopilación de datos a nivel de finca se refiere a los datos propios de la explotación, donde los agricultores se convierten en los principales interesados, y las fincas o explotaciones son el sistema a evaluar. Esta metodología se ha utilizado en una red de 59 fincas privadas distribuidas por Europa y pertenecientes al proyecto INSPIA.

II-2. MATERIALES Y MÉTODOS

II-2.1. Método para la selección de BPAs e indicadores

Las BMPs y los indicadores han sido seleccionados por un panel de expertos formado por un equipo multidisciplinario. Los autores de este artículo han participado regularmente en proyectos internacionales de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) durante más de 20 años. La red creada durante ese largo período facilitó la selección del panel internacional multidisciplinar de expertos. En el panel estuvieron representados no solo personas de diferentes disciplinas académicas (agrónomos, economistas, sociólogos, licenciados en ciencias ambientales), sino también agricultores y sus representantes, así como ONGs: 5 representantes de agricultores; 4 miembros de universidades europeas; 4 miembros de centros de investigación pública; 4 representantes de asociaciones sin ánimo de lucro; y 3 del sector privado. Los miembros de este panel fueron seleccionados en base a su experiencia y conocimiento sobre cada dimensión de la sostenibilidad agrícola. Por lo tanto, según Bockstaller y Girardin (2003), la metodología de INSPIA cumple los criterios de calidad en la selección de indicadores, ya que el juicio de expertos está considerado como uno de los procedimientos validados para cumplir dichos criterios.

Para la selección de BPAs e indicadores, se realizó una revisión exhaustiva de las metodologías existentes en la bibliografía. En total, se organizaron 6 reuniones para seleccionar 31 indicadores, y establecer 15 BPAs, así como para desarrollar el procedimiento para obtener el índice de sostenibilidad compuesto INSPIA (Figura II-1). Como resultado de estas reuniones, a parte de la selección de los indicadores básicos, se estableció la agregación entre ellos, los procedimientos de normalización y las ponderaciones de cada uno. Asimismo, las 15 BPAs INSPIA fueron acordadas por unanimidad por los 20 miembros del panel de expertos.

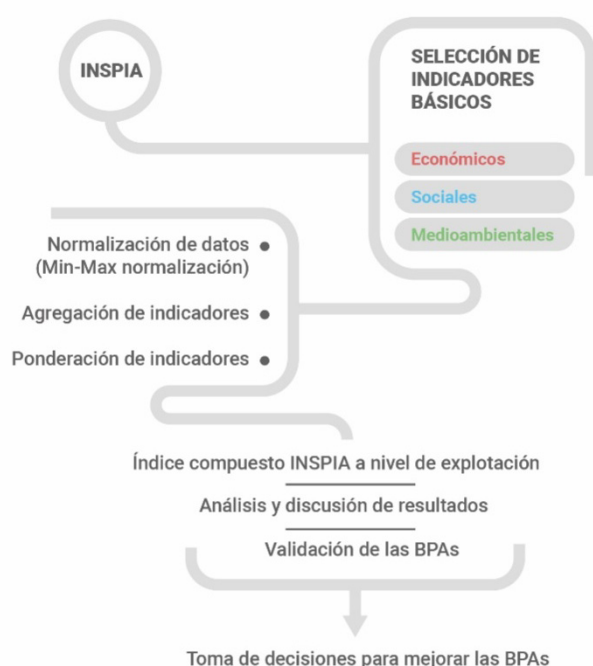


Figura II-1. Estructura y funcionamiento del proceso de evaluación de sostenibilidad basado en indicadores del INSPIA. Fuente: elaboración propia.

II-2.2. Las Buenas Prácticas Agrarias de INSPIA

El grado de sostenibilidad de la finca se ve afectado por la cantidad de BPAs que se llevan a cabo en la misma. El resultado del índice INSPIA y el valor de sus indicadores básicos también están relacionados con la cantidad de BPAs implementados por el agricultor, tal y como se mostrará en los resultados.

II-2.3. Indicadores de sostenibilidad INSPIA

Los indicadores proporcionan las pautas para que los agricultores dirijan la gestión de sus explotaciones hacia una mejora en la sostenibilidad de las mismas (Häni *et al.*, 2003; Meul *et al.*, 2008; Bockstaller *et al.*, 2011; FAO, 2013). Cuantos más indicadores se consideren, más objetivo y preciso es el índice de sostenibilidad. Según la bibliográfica científica, construir un índice de sostenibilidad basado en la selección y desarrollo de indicadores, así como la normalización, la agregación y la ponderación de los mismos, responde a un procedimiento aceptable (Nardo *et al.*, 2005a y 2005b; Meul *et al.*, 2008; Walter y Stützel, 2009; Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010; Juwana, 2012; Molinos-Senante *et al.*, 2014; Paraccini *et al.*, 2015; Gan *et al.*, 2017; Migliorini *et al.*, 2018):

II-2.3.1. Desarrollo de los indicadores

Los indicadores básicos han sido desarrollados para alcanzar estándares científicos, a través de un método sólido de recolección de datos en campos (Van Cauwenbergh *et al.*, 2007; Zahm *et al.*, 2008; Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010; Ramos y Caeiro, 2010). Algunos de los indicadores seleccionados para INSPIA se basan en iniciativas previas que evalúan y analizan la sostenibilidad agrícola, e.g. *indicIA*Des del Institute de l'Agriculture Durable (IAD, 2008), *INDIGO*[®] (Bockstaller *et al.*, 1997), Sustainability Assessment of Farming and the Environment -SAFE (Van Cauwenberg *et al.*, 2007), Multicriteria Assessment of the Sustainability of cropping Systems-MASC (Sadok *et al.*, 2009), DEXi Pest Management-DEXiPM (Pelzer *et al.*, 2012), Sustainability Assessment in Food and In Agricultural Systems -SAFA (FAO, 2013), SOSTARE (Paraccini *et al.*, 2015), Sustainable Agri-Food Evaluation Methodology-SAEMETH (Peano *et al.*, 2015).

La selección final de los 31 indicadores básicos se ha llevado a cabo sobre la base de criterios de confidencialidad y aplicabilidad, permitiendo su cálculo a partir de información obtenida directamente de los agricultores, cuyo aval es esencial para asegurar la aceptación de la selección del indicador. Por lo tanto, la selección de indicadores INSPIA cumple con los tres tipos de validación; (i) 'validación en el diseño', ya que los indicadores están científicamente referenciados y poseen un grado de precisión científica (Gilmour, 1973; Ramos y Caeiro, 2010); (ii) "validación de resultados", porque hay solidez en los resultados de los indicadores y utilidad para los usuarios potenciales (Gilmour, 1973); y finalmente, (iii) 'validación del uso final' ya que son útiles y son utilizados como herramienta de ayuda a la decisión (Girardin *et al.*, 1999; Bockstaller y Girardin, 2003).

II-2.3.2. La normalización de indicadores

Según Singh *et al.* (2012), un indicador dado no proporciona información relevante en sí mismo, a menos que haya un valor de referencia asociado con el propio indicador. La transformación de los indicadores básicos en un valor no dimensional es un procedimiento necesario y primordial para su operatividad, ya que cada uno de ellos posee una unidad de medida diferente. En el caso de INSPIA, entre las diferentes técnicas de normalización descritas en la literatura, el panel de expertos decidió emplear el método de normalización "mín-máx" (Nardo *et al.*, 2005a), en el que, los valores de los indicadores básicos oscilan entre 0 y 1, y se califican mediante el uso de funciones de valoración.

Las condiciones particulares del país deben tenerse en cuenta para normalizar los indicadores (Schader *et al.*, 2014). En INSPIA, algunos indicadores se han adaptado a los países participantes, utilizando los diferentes rangos (valor máximo y mínimo) según el lugar, que corresponden al 0 y 1 en la normalización. La elección de los umbrales cuantitativos utilizados para algunos indicadores básicos, según el país, es crucial y determinará en parte el valor de los resultados de la evaluación. Para el caso INSPIA, los umbrales mínimos y máximos, para normalizar los rangos de indicadores en los diferentes países, proceden de la literatura científica, del conocimiento y de la experiencia de los expertos.

II-2.3.3. Ponderación de los indicadores

Ponderar los indicadores es necesario para las posteriores operaciones de agregación de los mismos (OECD y JRC, 2008; Gan *et al.*, 2017). Algunos de los métodos existentes para ponderar descritos por la literatura son: (i) ponderación igual; (ii) ponderación basada en estadísticas; y (iii) ponderación basada en la opinión pública/expertos.

Como se indicó anteriormente, el panel de expertos estableció la metodología seleccionada para el INSPIA. Por lo tanto, aunque la asignación de pesos a los indicadores depende de opiniones subjetivas (von Wirén-Lehr, 2001; Meul *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2012), el panel de expertos de INSPIA siguió un método transparente y participativo, donde las directrices de asignación de pesos a los indicadores se hicieron suponiendo que las tres dimensiones de sostenibilidad (económica, social, y medioambiental) son igualmente relevantes.

Los miembros del panel recibieron un total de 100 puntos a distribuir entre los indicadores de cada nivel (agregados y básicos) según su relevancia. Cuanto mayor es la importancia del indicador, más puntos se le asignan. La puntuación final es la

media aritmética redondeada a la decena. Ponderar los indicadores facilita la descomposición de un cierto problema en una estructura jerárquica, y asegura que los aspectos cualitativos y cuantitativos de los indicadores cuenten en el proceso de evaluación.

II-2.3.4. La agregación de indicadores

Una vez que se ponderan los indicadores y se transforman en puntuaciones (indicadores agregados), estas estimaciones se agregan para conseguir un resultado compuesto en el nivel 1, y así sucesivamente para el nivel 2. Los indicadores agregados para el nivel 2 resultan de la combinación de los indicadores agregados del nivel 1.

El panel de expertos acordó el proceso y definió la estructura jerárquica para los indicadores básicos. El procedimiento de agregación de indicadores determina el tipo de compensación, también denominada "tasa de sustitución marginal" en la literatura de indicadores económicos (Munda, 2008). Además de las operaciones de normalización y ponderación anteriores, existen varios métodos para realizar la agregación (OECD y JRC, 2008; Gan *et al.*, 2017). Hasta la fecha, la agregación lineal más extendida es la suma de los indicadores normalizados correspondientes, es decir los "métodos de agregación aditivos" (Gan *et al.*, 2017), donde se asume la compensación total entre los indicadores involucrados (Fernández-Sánchez *et al.*, 2010; Bohanec *et al.*, 2008). Este fue el método elegido para INSPIA.

II-2.4. Índice compuesto de sostenibilidad INSPIA

Según lo revelado por Gómez-Limón y Riesgo (2009), la dificultad de interpretar el conjunto multidimensional de indicadores e indicadores agregados se puede superar agregándolos en un índice único o índice compuesto. Además, la obtención de un índice final compuesto por más de un indicador facilita la comprensión de información compleja por parte de personas no expertas (Castoldi y Bechini, 2010), y probablemente afectaría a la sostenibilidad del sistema (Singh *et al.*, 2012; Wilson y Wu, 2017). En INSPIA, todas las dimensiones de sostenibilidad son igualmente importantes para el desarrollo agrícola sostenible, y no pueden ser sustituidas entre sí, según lo acordado por muchos autores (Qiu *et al.*, 2007; Meul *et al.*, 2008).

II-2.5. La plataforma on-line INSPIA

La plataforma on-line INSPIA se encuentra disponible en www.inspia-europe.eu. En la actualidad, su ámbito geográfico abarca 59 explotaciones agrarias situadas en Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania y España (Figura II-2); su alcance son las tierras de cultivo anuales y permanentes (cereales de invierno, semillas oleaginosas, leguminosas y tubérculos para cultivos anuales, y olivos y viñedos para cultivos permanentes); y su alcance temático es económico, social y ambiental.



Figura II-2. Red de fincas INSPIA. Fuente: elaboración propia.

II-3. RESULTADOS

El panel de expertos de INSPIA propuso los siguientes resultados con respecto a las BPAs, los indicadores de sostenibilidad básicos, su agregación y ponderación, así como el índice final compuesto INSPIA.

II-3.1. Conjunto de Buenas Prácticas Agrarias de INSPIA

La lista de BPAs INSPIA se presenta en la Tabla II-1. Las BPAs son integrales y abordan los componentes esenciales de la sostenibilidad agraria. Algunas están relacionadas con la gestión del suelo y del cultivo, mientras que otras aluden a la

gestión de insumos agrarios. Y otras, se encaminan hacia la obtención de mejoras ambientales y a la protección del capital natural.

La aplicación en campo de las BPAs de INSPIA implica mejorar la calidad del suelo, el agua y el aire, al mismo tiempo que se aseguran o incluso se aumentan las producciones de los cultivos. Además, estas BPAs ayudarían a los agricultores a optimizar el uso de los insumos, lo que podría resultar en la obtención de sistemas agrícolas económicamente más rentables (FAO, 2015).

Tabla II-1. Lista de buenas prácticas agrarias INSPIA.

BPA	Nombre de la BPAs INSPIA
BPA 1	Uso de cobertura permanente del suelo (cobertura vegetal o restos de cultivos)
BPA 2	Mínima distorsión mecánica del suelo
BPA 3	Uso de cubiertas vegetales (en cultivos perennes)
BPA 4	Adecuada rotación de cultivos / diversificación
BPA 5	Adecuadas prácticas agrícolas en favor de las curvas de nivel
BPA 6	Abonar de acuerdo con las deficiencias de suelo y las necesidades de cultivo
BPA 7	Uso de productos fitosanitarios de acuerdo con la Estrategia de Gestión de Integración de Plagas
BPA 8	Utilización de tecnologías modernas en la aplicación de productos (Agricultura de Precisión)
BPA 9	Optimización de la tasa y del tiempo de riego (teniendo en cuenta los requisitos de contenido de agua del suelo, capacidad de retención de agua del suelo y de los cultivos en relación con la evapotranspiración)
BPA 10	Optimización del uso de los productos fitosanitarios (dosis y productos apropiados)
BPA 11	Implementación de zonas tampón en las lindes de las parcelas con especies vegetales diversas
BPA 12	Establecimiento y mantenimiento de franjas vegetales a los largo de los cursos de agua
BPA 13	Construcción de estructuras de retención en contra de la pendiente para reducir la longitud de ladera de las parcelas (fajinas, zanjas de vegetación)
BPA 14	Prevención de la contaminación de fuente puntual de productos fitosanitarios en las fincas (limpieza de áreas de llenado y gestión de los productos)
BPA 15	Desarrollar un manejo optimizado de los residuos de la fincas (áreas específicas) (residuos vegetales, efluentes, vertidos, envases vacíos de productos fitosanitarios, etc.)

II-3.2. Indicadores de sostenibilidad INSPIA

La aplicación e implementación de las BPAs se controla a través de un conjunto adaptado de 31 indicadores básicos de código abierto (Tabla II-2), que cubren las tres dimensiones temáticas principales del desarrollo sostenible (FAO, 2016). La fórmula de cálculo correspondiente y la definición de cada indicador básico se pueden encontrar en el Anexo I.

Tabla II-2. Indicadores básicos de sostenibilidad INSPIA.

Nº	Indicadores de sostenibilidad básicos INSPIA	Unidad	Dimensión de sostenibilidad (ámbito temático)
1	Renta/Beneficio neto por hectárea	€/ha	Dimensión económica
2	Renta por unidad de trabajo (UTA)	€/UTA	
3	Costes de producción por hectárea	€/ha	
4	Rendimiento		
5	Productividad del N	kg/kg	
6	Productividad del P	kg/kg	
7	Consumo de agua de riego	m ³ /ha	
8	Productividad del agua de riego	kg /m ³	
9	Balance energético	MJ/ha	
10	Eficiencia energética	MJ/MJ	
11	Productividad energética	kg/MJ	
12	Horas de trabajo por ha	h/ha	Dimensión social
13	Índice de satisfacción	-	
14	Nivel de formación de los agricultores	-	
15	Riesgo de abandono de la actividad agraria	-	
16	Índice de laboreo del suelo	-	Dimensión medioambiental
17	Índice de cobertura del suelo	-	
18	Materia orgánica	-	
19	Riesgo de erosión del suelo	%	
20	Diversidad de cultivos	-	
21	Rotación de cultivos	-	
22	Balance del N	kg N/ha	
23	Eficiencia del N	kg/kg	
24	Balance del P	kg P/ha	
25	Eficiencia del P	kg/kg	
26	Balance de GEIs	CO ₂ eq/ha	
27	GEIs por kg	kg CO ₂ eq/kg	
28	Superficies naturales	%	
29	Estructuras de biodiversidad	-	
30	Márgenes y franjas de seguridad	%	
31	Manejo de productos fitosanitarios	-	

La efectividad de las BPAs INSPIA se determina anualmente en cada finca, mientras que la evolución de los indicadores refleja la efectividad de la implementación y aplicación de las BPAs (Tabla II-3). Los resultados de los indicadores tienen como objetivo identificar qué prácticas deben mejorarse para incrementar el grado de sostenibilidad de la explotación (Figura II-3).

Tabla II-3. Matriz de relación de las BPAs INSPIA con los indicadores básicos.

		INSPIA Indicadores básicos																														
BPA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X		X			
2	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X			X	X		X			
3	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X	X		X	X		
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
5													X					X														
6	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	X	X	X	X	X	X	X		
7	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X	X												X	X			X	
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	
9	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X								X	X				
10	X	X	X	X					X	X	X		X	X	X												X	X			X	
11	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X		X	X	X	X								X	X	X	X	X	
12	X	X	X	X					X	X	X	X	X	X		X	X	X	X								X	X	X	X	X	
13													X					X											X	X	X	
14													X	X																	X	
15													X	X																	X	

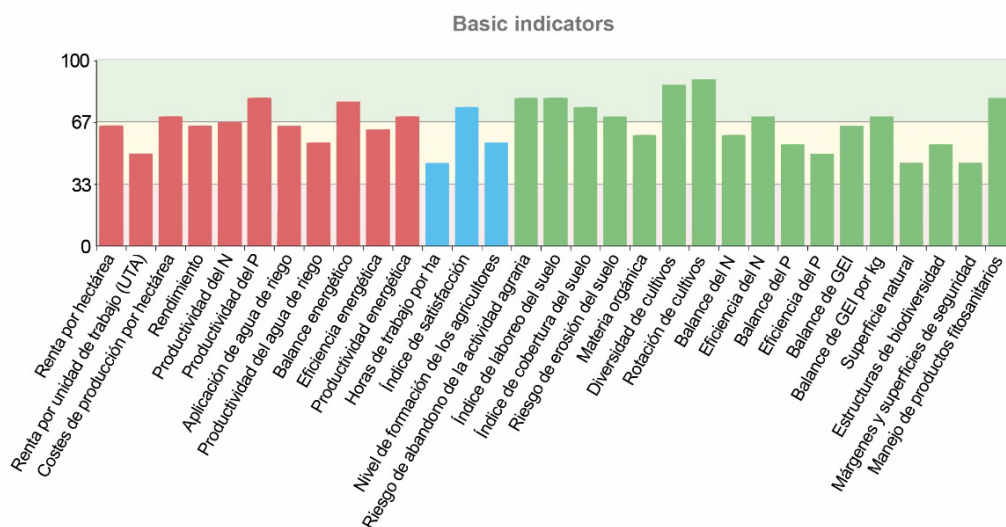


Figura II-3. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos de indicadores básicos de sostenibilidad en INSPIA. Fuente: plataforma INSPIA online.

II-3.3. Indicadores agregados INSPIA

Con el objetivo de alcanzar un índice compuesto final, fue necesario combinar los indicadores básicos en componentes agregados, que finalmente se integraron en las tres dimensiones de sostenibilidad: económica, social y ambiental, que componen el índice de sostenibilidad INSPIA (Figura II-4). Este proceso implica elegir la forma operacional y funcional, en la cual los indicadores se desarrollan en los niveles 1 y 2, como se puede ver en la Figura II-5.

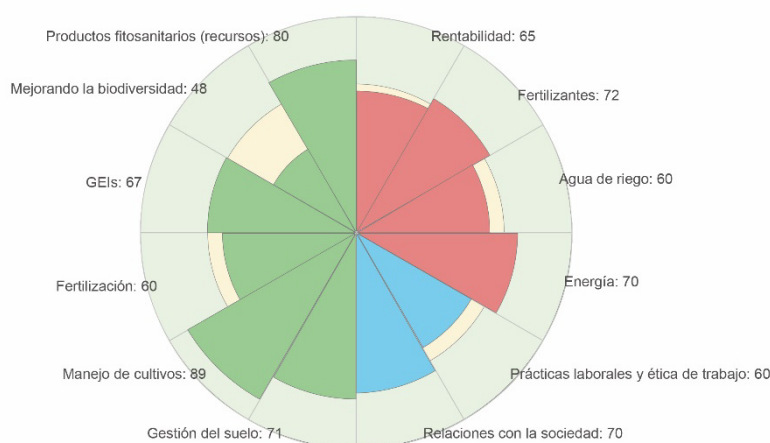


Figura II-4. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos de indicadores agregados de sostenibilidad en INSPIA. Fuente: plataforma INSPIA online.

II-3.4. Índice de Sostenibilidad INSPIA

El índice compuesto de INSPIA es el resultado de la media aritmética de los tres indicadores agregados, correspondientes a las dimensiones económica, social y ambiental. Las tres dimensiones reciben el mismo peso y conducen a una distribución uniforme para proporcionar un índice de sostenibilidad bien equilibrado. Por lo tanto, el índice INSPIA se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Sostenibilidad INSPIA} = \frac{\sum \text{Dimensiones de sostenibilidad}}{3}$$

Los valores oscilan desde el 0 hasta el 100, dependiendo de lo que los agricultores realicen en el campo y del nivel de implementación de las BPAs INSPIA en las fincas. Por ejemplo, un valor óptimo de indicadores se corresponde normalmente con valores altos. Una puntuación promedia alta, que incluya algunos valores muy

bajos de algunos indicadores básicos, no es óptima y, por lo tanto, no es sostenible, aunque reflejan avances en la dirección correcta. Por lo consiguiente, los indicadores básicos de sostenibilidad deberían mejorar en el tiempo con la implementación de las BPAs en la finca. Para INSPIA, el valor 0 representa el peor de los casos, mientras que el valor 100 representa el mejor estado. El valor 67, se identifica con el umbral a partir del cual las prácticas agrícolas realizadas son sostenibles (RISE 3.0., 2016). Esto significa que todos los resultados, a partir de 67, deben considerarse como sostenibles (Figura II-6).

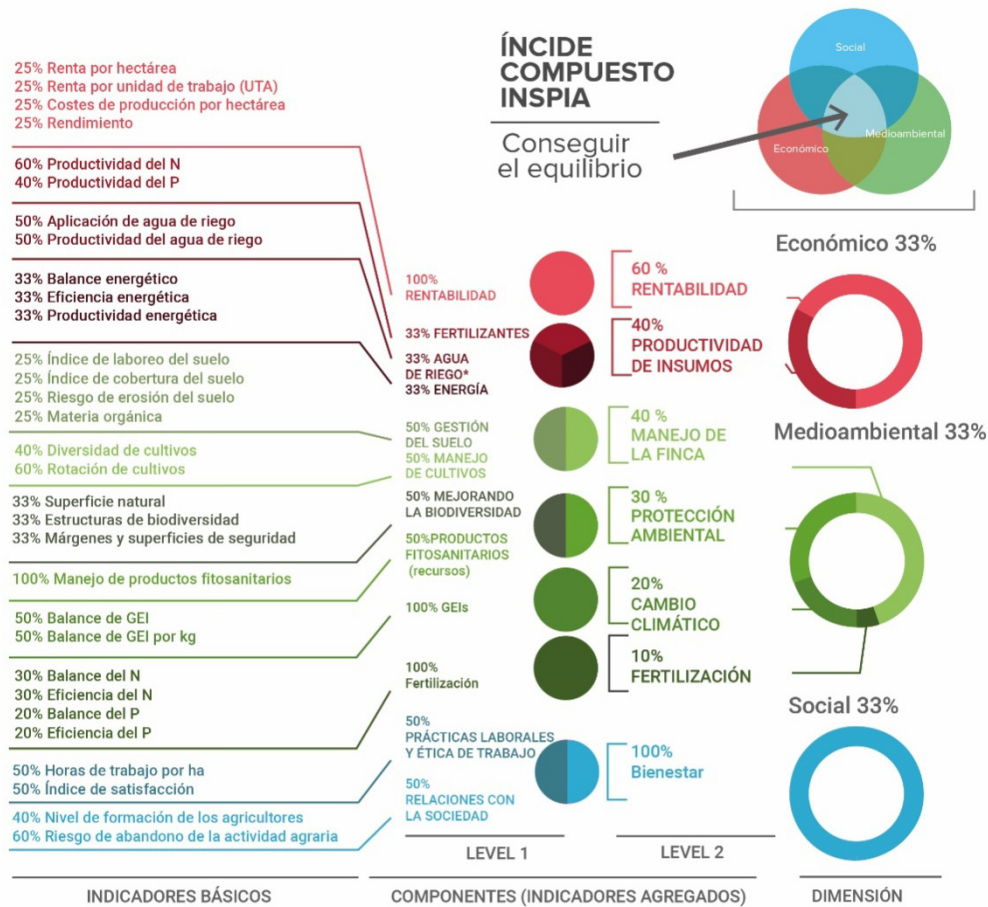


Figura II-5. Ponderación de 31 indicadores de sostenibilidad, indicadores agregados (nivel 1 y 2) y dimensiones de sostenibilidad. Fuente: elaboración propia.

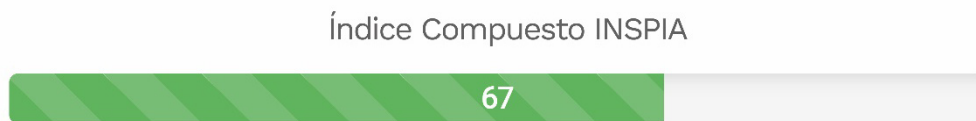


Figura II-6. Ejemplo de resultados gráficos y numéricos del índice compuesto de sostenibilidad en INSPIA. Fuente: plataforma INSPIA online.

II-4. DISCUSIÓN

II-4.1. Selección del conjunto de BPAs

La mayoría de las BPAs de INSPIA promueven la biodiversidad y contribuyen a salvaguardar los recursos de suelo y agua de los que depende la productividad agrícola sostenible, a la vez que ofrecen servicios ecosistémicos⁶. Esto implica un enfoque de sistema de agricultura holístico y sostenible, basado en la combinación de:

- Agricultura de conservación (AC), fundamentalmente impulsada por la BPA-1-BPA-4. Los principios de AC son: (i) mínima distorsión del suelo; (ii) cobertura permanente del suelo; y (iii) rotaciones de cultivos (Basch *et al.*, 2012; Kassam *et al.*, 2009; González-Sánchez *et al.*, 2015; FAO, 2015). La aplicación de los principios de AC juega un papel importante en la mitigación y adaptación al cambio climático, ya que implica una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero al fijar CO₂ de la atmósfera como carbono orgánico del suelo (González-Sánchez *et al.*, 2017). Además, los sistemas de AC ofrecen servicios ecosistémicos, como resultado de mejorar las condiciones del volumen de suelo utilizado por las raíces de las plantas, y por mejorar la agrobiodiversidad funcional (González-Sánchez *et al.*, 2016; Kassam *et al.*, 2017).
- Técnicas para la Gestión Integrada de Plagas, abordadas en la BPA-7, BPA-10, que están alineadas con el marco de acción comunitaria para lograr el uso sostenible de plaguicidas establecido en la Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de octubre de 2009.
- El manejo de cultivos con aplicación sitio-específica, localizada y precisa, como la agricultura de precisión, está asociado con la BPA-8.
- Optimización de inputs, afrontadas en la BPA-6 y BPA-9.
- Mejora del hábitat y protección del medio ambiente, indicado en la BPA-5, y desde la BPA-11 hasta la BPA-15.
- Y más biodiversidad, que está relacionada con un mayor secuestro de carbono y control de la erosión (Bullock *et al.*, 2007). De hecho, Overmars *et al.* (2014) concluyeron que una menor biodiversidad se asociaba a labranzas intensivas del suelo. La mejora de la biodiversidad se promueve

⁶ Servicios ecosistémicos: son la multitud de beneficios que la naturaleza aporta a la sociedad (FAO, 2018).

en muchas BPAs como son desde la BPA-1-BPA-3, en la BPA-7 y BPA-8 y, finalmente, desde BPA-11 hasta la BPA-12.

Las BPAs de INSPIA están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, indicados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (FAO, 2016). Los ODS integran las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental. INSPIA contribuye a 9 de los 17 ODS; ODS2 'Hambre cero'; ODS4 'Educación de calidad'; ODS6 'Agua limpia y saneamiento'; ODS7 'Energía asequible y no contaminante'; ODS8 'Trabajo creciente y crecimiento económico'; ODS9 'Industria, innovación e infraestructura'; ODS12 'Producción y consumo responsables'; ODS13 'Acción por el clima' y ODS15 'Vida de ecosistemas terrestres'. En la Tabla II-4, se muestra cómo las BPAs INSPIA contribuyen a alcanzar los ODS. Por ejemplo, en relación con el ODS13: relacionado con la acción climática, INSPIA fomenta la aplicación de ciertas prácticas de manejo de suelo que contribuyen significativamente a reducir las emisiones de carbono y ayudan a optar por una agricultura más resiliente al clima. En este contexto, INSPIA responde a la preocupación global con respecto a la mitigación y adaptación al cambio climático. La Agricultura de Conservación es una buena solución en el marco de la iniciativa internacional "4 por 1000", puesto en marcha por el Ministerio Francés de Agricultura durante la COP21. Esta ambiciosa iniciativa guiará a las partes interesadas no solo hacia mejoras medioambientales, sino también a la creación de puestos de trabajo e ingresos, garantizando así el desarrollo sostenible (4p1000, 2017).

II-4.2. Selección de indicadores (básicos, agregados e índice)

Como se indicó al describir la metodología, la metodología INSPIA está basada en 31 indicadores básicos. La Tabla II-5 muestra otras metodologías para evaluar la sostenibilidad, con las que INSPIA comparte algunos indicadores, mientras que la Tabla II-6 recoge el nivel de acuerdo de dichas metodologías e INSPIA.

Según la literatura científica, el uso de indicadores e índices compuestos está ganando más importancia en la evaluación de la sostenibilidad, y se está reconociendo cada vez más como una herramienta para el diseño adecuado en la formulación de políticas, así como para la comunicación general (Pope *et al.*, 2004; Binder *et al.*, 2010; Ramos y Caeiro, 2010; Singh *et al.*, 2012; Coteur *et al.*, 2016). En este contexto, el desarrollo operacional a realizar para evaluar la sostenibilidad

agrícola, en su enfoque multidimensional, considera a bien estudiar los indicadores provenientes de las tres dimensiones (Bell y Morse, 2008).

Tabla II-4. Contribución de las BPAs a los ODS de las Naciones Unidas.

	ODS								
	2	4	6	7	8	9	12	13	15
BPA	Hambre cero	Educación de calidad	Agua limpia y saneamiento	Energía asequible y no contaminante	Trabajo creciente y crecimiento económico	Industria, innovación e infraestructura	Producción y consumo responsable	Acción climática	Vida de ecosistemas terrestres
1	X	X	X				X	X	X
2	X	X	X	X	X		X	X	X
3	X	X	X				X	X	X
4	X	X		X	X		X	X	X
5		X	X						X
6	X	X	X	X	X		X	X	X
7	X	X	X	X	X		X	X	
8	X	X	X	X	X	X	X	X	
9	X	X	X	X	X	X	X	X	
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11		X	X						X
12		X	X						X
13		X	X						X
14		X	X				X		X
15		X	X				X		

Para la construcción de metodologías basadas en indicadores, una tendencia actual es combinar indicadores que posean cierta relación para obtener indicadores agregados (Sadok *et al.*, 2008; Marchand *et al.*, 2014; Thiollet-Scholtus y Bockstaller 2015; Paracchini *et al.*, 2015; Peano *et al.*, 2015; Vasileiadis *et al.*, 2013). No obstante, cuantificar y medir la sostenibilidad a través de indicadores es complejo (Bockstaller *et al.*, 2008). Esto se debe esencialmente a la naturaleza heterogénea de los diferentes sistemas de producción de cultivos; diferentes contextos espacio-temporales; distintos sistemas de cultivo; e incluso posibles evaluaciones actuales o futuras de los escenarios (Angevin *et al.*, 2017).

Además, algunos autores coinciden en la complejidad de establecer indicadores para evaluar la sostenibilidad (Bossel, 2001; Vasileiadis *et al.*, 2017) y otros, en la interpretación de los indicadores dentro de este tipo de análisis (Fernández-

Sánchez *et al.*, 2010; Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010; Dahl, 2012). Esta complejidad es una de las principales razones por las cuales no existe un acuerdo en cuanto a establecer una sola metodología de evaluación de la sostenibilidad (Lichtfouse *et al.*, 2009).

Tabla II-5. Lista de indicadores de sostenibilidad utilizados por INSPIA y otras metodologías de evaluación de la sostenibilidad. Los colores corresponden a las dimensiones INSPIA: rojo: económica; verde: medioambiental; azul: social.

	Indicadores de Sostenibilidad Básicos INSPIA	Otras metodologías de sostenibilidad
1	Renta/Beneficio neto por hectárea	SAFE / DEXiPM / MOTIFS ¹ / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / IDEA ² / MASC / MASC 2.0. ³ / RISE 3.0. ⁴ / SAEMETH / OECD / SOSTARE simplified
2	Renta por unidad de trabajo (UTA)	MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / OECD / SOSTARE simplified
3	Costes de producción por hectárea	DEXiPM / IDEA / MASC / MASC 2.0. / OECD / SOSTARE simplified
4	Rendimiento	MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SOSTARE simplified
5	Productividad del N	DEXiPM / RISE 3.0. / SAEMETH / OECD / SOSTARE simplified / IDEA / SAFE
6	Productividad del P	DEXiPM / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAEMETH / OECD / SOSTARE simplified / SAFE
7	Consumo de agua de riego	SAFE / DEXiPM / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / MOTIFS / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / SAEMETH / OECD
8	Productividad del agua de riego	Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / OECD / SOSTARE simplified / SAFE
9	Balance energético	SAFE / DEXiPM / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SOSTARE simplified / INDIGO® / SAFE SAEMETH
10	Eficiencia energética	DEXiPM / MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SOSTARE simplified / INDIGO® / SAFE / SAEMETH
11	Productividad energética	DEXiPM / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SOSTARE simplified / INDIGO® / SAFE / SAEMETH
12	Horas de trabajo por ha	DEXiPM / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA
13	Índice de satisfacción	IDEA / SAFA
14	Nivel de formación de los agricultores	SAFE/ IDEA
15	Riesgo de abandono de la actividad agraria	SAFE
16	Índice de laboreo del suelo	DEXiPM / RISE 3.0. / SAFA / OECD / SOSTARE simplified / SAFE
17	Índice de cobertura del suelo	SAFE / RISE 3.0./ Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / OECD / SOSTARE simplified / INDIGO®
18	Materia orgánica	MASC / MASC 2.0. / IDEA / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / SAFA / SAFE / RISE 3.0. / OECD
19	Riesgo de erosión del suelo	DEXiPM / MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / SOSTARE simplified / INDIGO®

20	Diversidad de cultivos	DEXiPM / MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / INDIGO®
21	Rotación de cultivos	Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / RISE 3.0. / SAFA / MASC / MASC 2.0. / SAEMETH / SOSTARE simplified
22	Balance del N	SAFE / DEXiPM / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / RISE 3.0. / SAFA / SAEMETH / OECD/ SOSTARE simplified / INDIGO® / IDEA
23	Eficiencia del N	DEXiPM / MOTIFS / RISE 3.0. / SAFA / SAEMETH / OECD / SOSTARE simplified / INDIGO® / IDEA
24	Balance del P	SAFE / DEXiPM / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / SOSTARE simplified / SAEMETH / OECD / INDIGO®
25	Eficiencia del P	DEXiPM / MOTIFS / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / SAEMETH / OECD / SOSTARE simplified / INDIGO®
26	Balance de GEIs	DEXiPM / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / OECD / SAEMETH
27	GEIs por kg	DEXiPM / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / OECD / SAEMETH
28	Superficies naturales	MOTIFS / RISE 3.0. / SAFA / SOSTARE simplified / IDEA / SAEMETH
29	Estructuras de biodiversidad	MOTIFS / RISE 3.0. / SAFA / SAFE
30	Márgenes y franjas de seguridad	MOTIFS / RISE 3.0. / SAFA / IDEA / SAFE
31	Manejo de productos fitosanitarios	MOTIFS / Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010 / IDEA / MASC / MASC 2.0. / RISE 3.0. / SAFA / SAEMETH / OECD / INDIGO®

¹ Monitoring Tool for Integrated Farm Sustainability-MOTIFS (Meul *et al.*, 2008).

² Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles-IDEA (Zahm *et al.*, 2008).

³ Multicriteria Assessment of the Sustainability of cropping Systems-MASC 2.0. (Craheix *et al.*, 2012).

⁴ Response Inducing Sustainability Evaluation-RISE 3.0. (RISE 3.0., 2016).

La innovación y singularidad que presenta INSPIA está relacionada con el cálculo de un índice de sostenibilidad final. Las ponderaciones participativas y los procedimientos de agregación de los indicadores, han permitido al panel multidisciplinario de expertos (académicos, técnicos, investigadores y agricultores) expresar sus propias preferencias sobre las mismas, interviniendo no sólo en la selección de los indicadores básicos sino también en la selección de las BPAs. Los indicadores agregados de nivel 2 se combinan para definir las tres dimensiones de sostenibilidad que componen el índice final.

De acuerdo con la Tabla II-6, y con respecto a la selección de los tres tipos de indicadores, los modelos de control más relacionados con INSPIA son RISE 3.0., IDEA, SAFE, MASC 2.0., con 68,3%; 61,1%; 57,9%; y 56,8% respectivamente. Todos abordan, en mayor o menor medida, las mismas dimensiones y el mismo alcance de sostenibilidad que INSPIA. Autores como Carpani *et al.* (2012), revelan que la sostenibilidad de la agricultura se basa en una distribución desequilibrada de los tres dominios principales (económico, social y medioambiental), mientras que INSPIA y otros enfoques, por ejemplo, MOTIFS, MASC y SAEMETH, confían en la

equidad e igualdad de las tres dimensiones. Por lo tanto, esta equidad está intrínsecamente incorporada en el cálculo final del índice compuesto.

Los indicadores INSPIA cumplen plenamente los criterios de calidad para su selección, recomendados inicialmente por Girardin *et al.* (1999) y posteriormente por otros investigadores (Bockstaller y Girardin, 2003; Bockstaller *et al.*, 2008). La selección de indicadores de INSPIA cumple los tres pasos requeridos para ser validados; (i) validación del diseño; (ii) validación de los resultados; y (iii) validación en el uso final, mientras que otras metodologías, como INDIGO[®], carecen de algunos de los criterios de calidad, ya que los usuarios finales no intervienen en la selección de indicadores.

Tabla II-6. Indicadores básicos utilizados por INSPIA y otras metodologías de evaluación de la sostenibilidad. Los colores corresponden a las dimensiones INSPIA: rojo: económica; verde: medioambiental; azul: social.

	Indicadores económicos coincidentes con INSPIA (11)	Base común en la dimensión económica (%)	Indicadores sociales coincidentes con INSPIA (4)	Base común en la dimensión social (%)	Indicadores medio-ambientales coincidentes con INSPIA (16)	Base común en la dimensión medio-ambiental (%)	Base en común de los modelos (%)
RISE 3.0.	9	81,8	1	25,0	16	100,0	68,3
DEXiPM	4	36,4	1	25,0	9	56,3	38,8
SAFA	1	9,1	2	50,0	14	87,5	48,4
OECD	7	63,6	0	0,0	10	62,5	41,6
SOSTARE simplified	10	90,9	0	0,0	9	56,2	48,6
Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez	4	36,4	1	25,0	6	37,5	32,6
INDIGO [®]	3	27,3	0	0,0	8	50,0	25,5
MOTIFS	5	45,5	0	0,0	8	50,0	31,5
MASC	10	90,9	0	0,0	9	56,3	48,6
MASC 2.0.	10	90,9	1	25,0	9	56,3	56,8
IDEA	8	72,7	2	50,0	10	62,5	61,1
SAEMETH	7	63,6	0	0,0	9	56,3	39,6
SAFE	9	81,8	2	50,0	7	43,8	57,9

Con respecto a la descripción de los indicadores, tanto el enfoque INSPIA (INSPIA, 2014), como el de SAFE, proporcionan una explicación descriptiva clara de cada uno de los indicadores básicos involucrados, lo que confiere al modelo INSPIA una mayor solidez, dado que, para la mayoría de las herramientas de evaluación revisadas, estas descripciones de los indicadores no se muestran. De acuerdo con otras metodologías, como MASC 2.0., la mayoría de los indicadores básicos de INSPIA son el resultado de un simple cálculo o dependen de tablas (INSPIA, 2014). Con respecto a la asignación de pesos a los indicadores, no hay mucha literatura científica que refleje y explique dichas ponderaciones. De hecho, existen herramientas como INDIGO® (Bockstaller *et al.*, 1997) que no aportan ponderaciones a sus indicadores, teniendo únicamente el objetivo de ayudar a los agricultores a mejorar su gestión. En este contexto, la metodología INSPIA presenta y expresa las ponderaciones para los indicadores de manera transparente, así como otras metodologías tales como MOTIFS y SOSTARE.

II-4.3. Metodología de evaluación

Entre la bibliografía revisada, se encuentran una serie de herramientas de evaluación basadas en indicadores, que evalúan la sostenibilidad agraria (Sadok *et al.*, 2009; Peano *et al.*, 2015; Thiollet-Scholtus y Bockstaller, 2015). Algunas metodologías valoran la sostenibilidad a nivel de finca como, RISE (Häni *et al.*, 2003), IDEA, MOTIFS, SAFE y SOSTARE. De acuerdo con ellos, INSPIA también evalúa la sostenibilidad a nivel de finca. Sin embargo, y tal y como se indica en la literatura, no existe una sola medida que pueda calcular con precisión la sostenibilidad a nivel de finca (de Ridder *et al.*, 2007; Schader *et al.*, 2014). Asimismo, y teniendo en cuenta la connotación de la evolución de la palabra sostenibilidad en sí misma, es importante mostrar su continuo desarrollo, donde los ámbitos temáticos, indicadores y puntos de referencia están destinados a una evolución constante. Por lo tanto, las evaluaciones de sostenibilidad deben considerarse como enfoques parciales, aunque son muy útiles para medir y cuantificar la sostenibilidad en la agricultura (Gómez-Limón y Sánchez-Fernández, 2010). Cualquiera de los pilares de sostenibilidad (económicos, sociales y medioambientales), podría ser estudiado con mayor profundidad por la metodología INSPIA y adaptarse, o incluso reevaluarse, según el desarrollo continuo del concepto de sostenibilidad agrícola.

La metodología INSPIA intenta ser exhaustiva y precisa en cuanto a los indicadores de sostenibilidad tenidos en cuenta para su dendrograma (Figura II-5). En este

sentido, el número moderado de indicadores integrados en el enfoque INSPIA y su baja complejidad hacen de este método una herramienta de sostenibilidad adecuada para técnicos y agricultores. Por el contrario, otras herramientas de evaluación como SAFA, SOSTARE y DEXiPM (Pelzer *et al.*, 2012) conducen a un árbol de indicadores bastante complejo. Con respecto al tiempo requerido para recopilar los datos, INSPIA, al igual RISE (Häni *et al.*, 2003) e IDEA, y otros modelos de evaluación de sostenibilidad requieren de un tiempo medio para su preparación. En este sentido, los datos requeridos para nutrir INSPIA se obtienen fácilmente de los agricultores, mientras que otras metodologías, como MOTIFS, necesitan un conocimiento más profundo y por consiguiente mayor tiempo (Marchan *et al.*, 2014). Además, a diferencia de otros enfoques que presentan cierta complejidad para comprender el resultado de sostenibilidad final de la evaluación, los procedimientos de la evaluación realizada por INSPIA son comprensibles, descifrables y fáciles de entender por los agricultores como usuarios finales.

II-4.3.1. Enfoque integral

Teniendo en cuenta que el objetivo final de INSPIA es ayudar a los agricultores a gestionar sus explotaciones de forma sostenible, este modelo tiene como objetivo ofrecer un instrumento simple y contundente para realizar la evaluación de una explotación individual. La participación de los agricultores, como usuarios finales, en el desarrollo de la metodología INSPIA es una forma de garantizar la aceptabilidad del método.

INSPIA, al igual que otros enfoques holísticos, como MASC, RISE 3.0. o la OECD, da respuesta a muchos de los desafíos agrícolas actuales, tales como la mitigación del cambio climático y la conservación del capital natural. Sin embargo, de la literatura revisada sobre este tema, se concluye que algunas de las metodologías de evaluación revisadas como MOTIFS o SAFE, no prestan atención a ninguno de estos retos. En este contexto, existe un amplio consenso con respecto a otras muchas de las metodologías consultadas, como DEXiPM, MASC, RISE 3.0., SAFA y OECD, que sí reconocen la importancia de medir y evaluar el impacto del cambio climático en la agricultura. Efectivamente, el hecho de que el cambio climático esté ocurriendo más rápidamente de lo inicialmente previsto (IPCC, 2007), hace que sea esencial determinar los indicadores ambientales que rastrean la dinámica de los cambios y tendencias, y evalúan la reducción de las emisiones de ciertas prácticas de manejo del suelo. Verdaderamente, el manejo del suelo en la agricultura podría ser uno de los instrumentos utilizados para mitigar y adaptarse al cambio climático (Lal *et al.*,

2011; González-Sánchez *et al.*, 2017). Los sistemas agrarios, como la AC, mitigan el cambio climático gracias al aumento del secuestro del carbono orgánico del suelo debido a la reducción de los procesos de oxidación del carbono al reducir la intensidad de las labores y al aumento de la materia orgánica (Nelson *et al.*, 2009; González-Sánchez *et al.*, 2012). La agricultura de conservación también favorece la adaptación de los ecosistemas agrarios a los efectos negativos del cambio climático al aumentar la resiliencia de los cultivos (Lal, 2010; González-Sánchez *et al.*, 2017).

Conscientes de que existen herramientas como RISE, que apuntan a evaluar indirectamente los impactos ambientales, a través de prácticas de gestión o mediante la realización de cuestionarios a los agricultores, se deben abordar y evaluar con mayor precisión ciertas amenazas al suelo agrícola, como las relacionadas con la erosión. (Häni *et al.*, 2003). Asimismo, se constata la necesidad de obtener indicadores que sean más precisos para evaluar el manejo de suelo, a pesar de la existencia de herramientas de sostenibilidad como MASC 2.0., que abordan dimensión de medioambiental de la sostenibilidad (Craheix *et al.*, 2012). En este sentido, INSPIA, a través de los indicadores básicos denominados: 'índice de laboreo del suelo', 'índice de cobertura del suelo' y 'riesgo de erosión del suelo' aborda aspectos clave del manejo del suelo y sus mejoras.

Por otro lado, la biodiversidad es un aspecto clave de la sostenibilidad agrícola y, a pesar de que algunos autores destacan la falta de indicadores que estudian los efectos de algunas prácticas agrarias con respecto a la biodiversidad agrícola (Bockstaller *et al.*, 2011), INSPIA va más allá, asociando algunos de sus indicadores ambientales, más próximos a la biodiversidad con la implementación de ciertas prácticas agrícolas y su mejora. Sin embargo, enfoques como MASC o INDIGO, no abordan elementos para determinar la biodiversidad; por tanto, presentan debilidades en cuanto a la capacidad de estimación del impacto en la biodiversidad de algunos sistemas agrarios, particularmente preocupados por las respuestas de los procesos biológicos a ciertas prácticas agrarias y sus mejoras. Según Overmars *et al.* (2014), el indicador número 16 de INSPIA 'el índice de laboreo del suelo', se convierte en un elemento importante para evaluar la presión de la biodiversidad en la agricultura, ya que la intensidad de las labores influye en la agrobiodiversidad.

II-4.3.2. Alcance temático de INSPIA

En cuanto al alcance temático de las herramientas de evaluación para el sector agrario, y tal y como lo expresan Molinos-Senante *et al.* (2014), no existe un

acuerdo entre diferentes metodologías para medir la sostenibilidad con respecto a las tres dimensiones (económico, social y medioambiental), (Marchand *et al.*, 2014) (Tabla II-7). La mayoría de las metodologías (DEXiPM, MOTIFS, MASC, RISE, SAFA, SAEMETH) abarcan, en mayor o menor medida, las tres dimensiones de sostenibilidad, mientras que otras, como INDIGO[®], se centran en temas exclusivamente medioambientales, necesitando de perspectivas tanto sociales como económicas; u otras, como SOSTARE, que no incluyen ningún indicador para evaluar la dimensión social. Asimismo, hay iniciativas, como MASC, que consideran los aspectos sociales y de biodiversidad menos relevantes (Pelzer *et al.*, 2012), aunque, por otra parte, otras destacan la necesidad de registrar esas dimensiones en la evaluación de la sostenibilidad agrícola (Zahm *et al.*, 2008). En este sentido, existen algunas coincidencias entre INSPIA y otras metodologías como, MASC (Sadok *et al.*, 2009) y MASC 2.0. (Craheix *et al.*, 2012), que introducen aspectos sociales para evaluar la sostenibilidad. INSPIA aborda un enfoque integral más amplio para el bienestar social y familiar de los agricultores, a través de indicadores que no se refieren solo al manejo agrícola, sino a otros asuntos relacionados con la calidad de vida, como la satisfacción de los agricultores, el nivel de formación y el relevo generacional. La metodología MASC 2.0. también estudia esos aspectos, a través del indicador 'sobrecarga de trabajo'. DEXiPM profundiza también en la dimensión social como resultado de la implementación de ciertas prácticas agrícolas (Chraeix *et al.*, 2012; Pelzer *et al.*, 2012).

Existe una idea emergente en la sostenibilidad agrícola, que anima a contemplar una cuarta dimensión denominada "institucional" o "gobernanza" (O'Connor, 2006; Juwana, 2012; Dahl, 2012; Labuschagne *et al.*, 2005). Sin embargo, para simplificar la metodología INSPIA, esta cuarta dimensión no ha sido considerada.

II-4.3.3. *Ámbito sectorial*

INSPIA se centra en las tierras de cultivo tanto anuales como permanentes. Rosnoble *et al.* (2006) indica que existen muchos métodos de evaluación de la sostenibilidad en la agricultura que estudian los cultivos anuales, pero pocos de ellos están diseñados para evaluar los cultivos permanentes, como los viñedos u olivares. En este contexto, hay algunas evidencias de Thiollet-Scholtus y Bockstaller, (2015), de que la metodología INDIGO, diseñada previamente para sistemas arables, se modificó introduciendo dos indicadores medioambientales más, para intentar adaptarla y así poder evaluar la sostenibilidad para el caso especial de los viñedos.

Existen diferentes enfoques sobre el alcance de los modelos. Por ejemplo, aunque el modelo INSPIA carece de indicadores para evaluar las explotaciones ganaderas, MOTIFS solo se centra en esta última tipología de explotación. Asimismo, otras metodologías, como IDEA o SOSTARE, evalúan la sostenibilidad de explotaciones mixtas, de cultivos y de ganado.

II-4.3.4.Ámbito geográfico

Actualmente, la aplicación de INSPIA se limita a Bélgica, Dinamarca, Francia, Alemania y España. La mayoría de las metodologías no son aplicables de manera global a cualquier territorio, ya que se han sido desarrolladas en áreas, regiones o países determinados, y habría que adaptar el umbral de algunos indicadores a las condiciones locales de estudio. Por lo tanto, y para poder ampliar el alcance geográfico de INSPIA, en países aún no considerados en el proyecto, algunos indicadores básicos deben ser personalizados localmente (Schader *et al.*, 2014), para continuar ofreciendo una reflexión precisa sobre la sostenibilidad de las fincas.

II-4.3.5. Resultados de INSPIA

El enfoque INSPIA ofrece a los agricultores un gráfico de tipo tarta, como resultado visual final por campaña agrícola, que contiene los 12 indicadores agregados del nivel 1, que a su vez están agregando a los 31 indicadores básicos. Asimismo, tal y como ocurre en el modelo SOSTARE, INSPIA también ofrece un diagrama de barras que representa todos los resultados de los indicadores básicos (por ejemplo, materia orgánica del suelo, GEIs). Estas dos formas de visualizar los resultados de las fincas no sólo son muy convenientes y prácticas, en cuanto a la comunicación y presentación de los resultados globales, sino que también son útiles para comparar gestiones de fincas diferentes, o de la misma en diferentes campañas agrícolas. En la gráfica de tipo tarta, cuanto más se rellena una porción con un color, más alto grado de sostenibilidad se le asocia a la finca. Los gráficos de tipo poligonal son instrumentos interesantes para las reuniones con agricultores en las que se comparan resultados e intercambian conocimientos, ideas y experiencia (Thiollet-Scholtus y Bockstaller, 2015). Al igual que otras herramientas de control basadas en indicadores (por ejemplo, MOTIFS), la ventaja de estos modelos es la capacidad de mostrar una visión general de las fortalezas y debilidades de una explotación de una manera visual e integrando las tres dimensiones, utilizando un diagrama poligonal, que explica mejor los diferentes escenarios para cada dimensión de sostenibilidad en cada sistema de cultivo. Los valores óptimos de los indicadores agregados se manifiestan con un mayor relleno coloreado de las porciones del

gráfico. Los resultados de INSPIA permiten a los agricultores conocer su punto de referencia en un momento dado y proporcionar la base y las pautas para mejorar la gestión de su finca. Asimismo, otra ventaja que presenta la metodología INSPIA, al igual que MOTIFS (Marchand *et al.*, 2014), es la posibilidad de la evaluación comparativa de fincas gracias al diagrama final de resultados de sostenibilidad.

De la bibliografía revisada, se observa la existencia de algunos modelos que evalúan y realizan seguimiento de la practicidad de las políticas a nivel de finca. Por ejemplo, SOSTARE fue desarrollado por la región de Lombardía para gestionar la última PAC hasta el año 2020. La metodología SOSTARE es útil para los servicios de asesoramiento agrícola, ya que ayudan a los agricultores a mejorar su actividad económica y ambiental, tal y como se indica en las propuestas legales correspondientes al segundo pilar de la PAC. Del mismo modo, y como indicaron Gómez-Limón y Riesgo (2009), la sostenibilidad debe entenderse como un concepto que varía en función de las necesidades de la sociedad. En este contexto, INSPIA se puede modificar, incluyendo los avances que en cada momento vayan exigiendo la nueva connotación de la palabra sostenibilidad, ajustando, agregando o eliminando los temas o indicadores básicos necesarios, o incluso cambiando los puntos de referencia para cada una de las tres dimensiones consideradas hasta ahora. Este posible ajuste que puede acometer la metodología INSPIA, hace que esta herramienta se convierta en una forma útil de abordar las necesidades potenciales para la toma de decisiones en el desarrollo de políticas agrícolas futuras.

En cuanto a la forma de realizar la evaluación de sostenibilidad, una de las principales ventajas del enfoque INSPIA es que este modelo ofrece a los usuarios finales, como público objetivo, un índice compuesto de la sostenibilidad de su explotación, mientras que otros modelos, como MASC, INDIGO® o MOTIF, no brindan datos cuantitativos, sino que simplemente califica la sostenibilidad en función de una escala. El índice compuesto de INSPIA se encuentra entre (0-100), y se deduce con forme a determinadas fórmulas científicas y a un método aritmético (Tabla II-7).

Tabla II-7. Comparativas entre diferentes metodologías de evaluación de sostenibilidad. Número de indicadores básicos, alcances temáticos de sostenibilidad y forma de medición de la sostenibilidad.

Modelos de evaluación de la sostenibilidad	Número de indicadores básicos	Dimensiones de sostenibilidad consideradas en la evaluación de la sostenibilidad	Forma de puntuación de la sostenibilidad agraria
INDIGO®	9 (0/0/9)	Dimensión medioambiental	
OECD, 2008	49 (13/9/8/19)	Agricultura en un contexto más amplio económico, social y ambiental / Gestión de fincas y medio ambiente / Uso de insumos agrícolas y recursos naturales / Impactos ambientales de la agricultura	
SAFE	20 (14/1/5)	Pilares: Medioambiental / Económico / Social	
MOTIFS	46 (21/7/18)	Temas: Económico (33) / Social (33) / Ecológico (33)	0 (No sostenible) 100 (sostenible)
IDEA	41 (19/16/6)	Escalas: Agro-ecológica / Socio-territorial / Económica	Puntuación entre (0-100)
MASC	32 (4/5/23)	Sostenibilidad: Económica (33) / Social (33) / Medioambiental (33)	Muy baja / Baja / Media / Alta / Muy alta
MASC 2.0.	39 (12/7/20)	Sostenibilidad: Económica (33) / Social (33) / Medioambiental (33)	Muy baja / Baja / Media / Alta / Muy alta
Gómez-Limón y Sanchez-Fernandez, 2010	16 (3/4/9)	Función: Económica / Social / Medioambiental	
DEXiPM	45 (6/18/21)	Sostenibilidad: Económica / Social / Medioambiental	Muy alta / Alta / Media / Baja / Muy baja
RISE	12 (7/4/1)	Ecological / Economical / Social	Valor (-100 - +100)
RISE 3.0.		Uso del suelo / Cría de animales / Uso de materiales y protección del medio ambiente / Consumo de agua de riego / Energía y clima / Biodiversidad / Condiciones de trabajo / Calidad de vida / Viabilidad económica / Gestión de fincas % desconocido	Problemática (0-33) / Crítica (34-66) / Positiva (67-100)
SAFA	116 (19/52/26/19)	Gobernabilidad / Dimensiones ambientales / Económicas / Sociales	Óptima (>80%) / Buena (60-80)% / Moderada (40-60)% / Limitada (20-40)% / Inaceptable (<20%)
SAEMETH		Dimensiones: Socio-cultural (33%)/ Agro-ambientales (33%) / Económicas (33%)	
SOSTARE	125 (92/27/6)	Agronomía / Economía / Ecología	Los indicadores hacen referencia a los umbrales de forma separada

II-5. CONCLUSIONES

Este artículo presenta la metodología INSPIA para evaluar la sostenibilidad en la agricultura. INSPIA se basa en la aplicación de 15 buenas prácticas agrarias, evaluadas a través de 31 indicadores. El modelo INSPIA es aplicable tanto a cultivos anuales como permanentes, y es un modelo abierto a recoger nuevas situaciones.

Esta metodología ayuda a los agricultores a mejorar su gestión económica, social y medioambiental, tal y como se indica en estrategias políticas agroambientales, como la Política Agrícola Común Europea.

INSPIA ha sido estudiado y comparado con otras iniciativas, y el resultado de este proceso demuestra que INSPIA es una metodología sólida que puede adaptarse a diferentes regiones agroclimáticas. Para evaluar los impactos de diferentes prácticas y sistemas agrícolas, INSPIA cumple con los estándares clave y, por lo tanto, es una herramienta útil y válida para apoyar la toma de decisiones por parte de los responsables de políticas agrícolas, ambientales y del bienestar social.

II-6. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes organizaciones: Asociación Española Agricultura de Conservación Suelos Vivos (AEACSV) y Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable (APAD) que han llevado a la práctica esta metodología en fincas en España y en Francia respectivamente; el apoyo de Gesellschaft für konservierende Bodenbearbeitung e.V. (GKB) y del Instituto de Investigación de Agricultura, Pesca y Alimentación (ILVO) en Bélgica; y a la Federación Europea de Agricultura de Conservación (ECAAF) y a la Asociación Europea de Protección de Cultivos (ECPA) por copatrocinar el proyecto INSPIA. También nos gustaría agradecer a las numerosas personas que han participado en el desarrollo de la metodología INSPIA, tales como los expertos consultados y el comité directivo por su ayuda en la dirección del proyecto.

II-7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 4p1000, 2017. 4p1000. Disponible en: <https://www.4p1000.org/> (acceso en 08/03/2018).
- Angevin, F., Fortino, G., Bockstaller, C., Pelzer, E., Messéan, A., 2017. Assessing the sustainability of crop production systems: Towards a common framework? *Crop Protection* 97, 18-27.
- Basch, G., Kassam, A., González-Sánchez, E.J., Streit, B., 2012. Making Sustainable Agriculture Real in CAP 2020: The Role of Conservation Agriculture.
- Bell, S., Morse, S., 2008. Sustainability Indicators. Measuring the immeasurable? Earthscan, London.
- Binder C.R., Feola, G., Steinberger, J.K., 2010. Considering the normative, systemic and procedural dimensions in indicator-based sustainability assessment in agriculture. *Environmental Impact Assessment Review* 20, 71-81.
- Bockstaller, C., Girardin, P., van der Werf, H.M.G., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7, 261-270.
- Bockstaller, C., Girardin, P., 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems* 76, 639-653.
- Bockstaller, C., Guichard, L., Makowski, D., Aveline, A., Girardin, P., Plantureux, S., 2008. Agri-environmental indicators to assess cropping and farming systems: a review. In *Sustainable Agriculture* (pp. 725-738). Springer Netherlands.
- Bockstaller, C., Lasserre-Joulin, F., Slezack-Deschaumes, S., Piutti, S., Villerd, J., Amiaud, B., Plantureux, S., 2011. *Agronomie – Environnement* 18, 137-144.
- Bohanec, M., Cortet, J., Griffiths, B., Znidarsic, M., Debeljak, M., Caul, S., Thompson, J., Krogh, P.H., 2007. A qualitative multi-attribute model for assessing the impact of cropping systems on soil quality. *Pedobiologia* 51, 239-250.
- Bohanec, M., Messéan, M., Scatista, S., Angevin, F., Griffiths, B., Krogh, P.H., Znidarsic, M., Dzeroski, S., 2008. A qualitative multi-attribute model for economic and ecological assessment of genetically modified crops. *Ecological Modelling* 215, 247-261.
- Bossel, H., 2001. Assessing viability and sustainability: a systems based-approach for deriving comprehensive indicators sets. *Conservation Ecology* 5, (2), 12.

- Bruntland, H., 1987. *Hartem. Bruntland. Informe Brundland.*
- Bullock, J.M., Pywell, R.F., Walker, K.J., 2007. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. *Journal of applied Ecology* 44, 6-12.
- Burton, R.J.F., Schwarz, G., 2013. Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change. *Land Use Policy* 30, 628-641.
- Carpani, M., Bergez, J.E., Monod, H., 2012. Sensitivity analysis of a hierarchical qualitative model for sustainability assessment of cropping systems. *Environmental Modelling & Software* 27-28, 15-22.
- Castoldi, N., Bechini, L., 2010. Integrated sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. *European Journal of Agronomy* 32, 59-72.
- Coteur, I., Marchand, F., Debruyne, L., Dalemans, F., Lauwers, L., 2016. A framework for guiding sustainability assessment and on-farm strategic decision making. *Environmental Impact Assessment Review* 60, 16-23.
- Craheix, D., Angevin, F., Bergez, J.E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2012. MASC 2.0. un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20, 35-48.
- Dahl, A.L., 2012. Achievements and gaps in indicators for sustainability. *Ecological Indicators* 17, 14-19.
- Dantsis, T., Douma, C., Giourga, C., Loumou, A., Polychronaki, E.A., 2010. A methodological approach to assess and compare the sustainability level of agricultural plant production system. *Ecological Indicators* 10, 256-263.
- Directive 2009/128/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009. Establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides.
- European Commission, 2011. *Our life insurance, our natural capital: an EU biodiversity strategy to 2020.* COM(2011) 244, Brussels.
- European Commission, 2017. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: The Future of Food and Farming.* COM(2017) 713 final.

- European Commission, 2018. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council. Establishing rules on support for strategic plans to be drawn up by Member States under the Common agricultural policy (CAP Strategic Plans) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) and by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Regulation (EU) No 1305/2013 of the European Parliament and of the Council and Regulation (EU) No 1307/2013 of the European Parliament and of the Council. COM(2018) 392 final. European Commission: Brussels, Belgium.
- FAO, 2007. The State of Food and Agriculture: Paying Farmers for Environmental Services. FAO Agriculture Series No. 38 (Rome).
- FAO, 2011. Conservation Agriculture Website. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (acceso en 20/02/2018).
- FAO, 2013. Sustainability Assessment of Food and Agriculture systems indicators (SAFA). Rome, 2013. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/sustainability_pathways/docs/SAFA_Indicators_final_19122013.pdf (acceso en 20/02/2018).
- FAO, 2015. Conservation Agriculture website. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ca/index.html> (20/02/2018).
- FAO, 2016. The Sustainable Development Agenda. Disponible en: www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/en/ (acceso en 05/03/2018).
- FAO, 2018. Servicios ecosistémicos y biodiversidad. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/> (acceso en 04/01/2019).
- Fernandez-Sanchez, G., Gómez-Limón, J.A., López-García, J.L., 2010. Análisis de la Sostenibilidad Agraria mediante Indicadores Sintéticos. Oral presentation. 48^a Congresso SOBER. Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia Rural.
- Gan, X., Fernandez, I.C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., Wu, J., 2017. When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 81, pp. 491-502.

- Gasparatos, A., 2010. Embedded value systems in sustainability assessment tools and their implications. *Journal of Environmental Management* 91, 1613-1622.
- Gilmour, P., 1973. A general validation procedure for computer simulation models. *Australian Computer Journal* 5, 127-131.
- Girardin, P., Bockstaller, C., van der Werf, H.M.G., 1999. Indicators: tools to evaluate the environmental impact of farming systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 13, 5-21.
- Gómez-Limón J.A., Riesgo, L., 2009. Alternative Approaches to the construction of a composite indicator of agricultural sustainability: An application to irrigated agriculture in the Duero basin in Spain. *Journal of Environmental Management* 90, 3345-3362.
- Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological Economics* 69, 1062-1075.
- González-Sánchez, E.J., Ordoñez-Fernández, R., Carbonell-Bojollo, R., Veroz-González, O., Gil-Ribes, J.A., 2012. Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of conservation agriculture. *Soil & Tillage Research* 122, 52-60.
- González-Sánchez, E.J., Veroz-Gonzalez, O., Blanco-Roldan, G., Marquez-Garcia, F., Carbonell-Bojollo, R., 2015. A renewed view of conservation agriculture and its evolution over the last decade in Spain. *Soil & Tillage Research* 146, 204-212.
- González-Sánchez, E.J., Kassam, A., Basch, G., Streit, B., Holgado-Cabrera, A., Triviño-Tarradas, P., 2016. Conservation Agriculture and its contribution to the achievement of agri-environmental and economic challenges in Europe. *AIMS Agriculture and Food*, 1(4): 387-408.
- González-Sánchez, E.J., Moreno-García, M., Kassam, A., Holgado-Cabrera, A., Triviño-Tarradas, P., Carbonell-Bojollo, R., Pisante, M., Veroz-González, O., Basch, G., 2017. Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. ECAF, Brussels. Disponible en: <http://www.ecaf.org/inaction/news/item/60-a-major-new-research-study-in-favour-of-conservation-agriculture> (acceso en 16/03/2018).
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M., Porsche, H., 2003. RISE, a tool for Holistic Sustainability assessment at the farm level. *International Food*

- and Agribusiness Management Review. International Food and Agribusiness Management Association (IAMA). Vol 6-number 4.
- Hansen, J.W., 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural systems* 50(2), 117-143.
 - IPCC, 2007. In: Pachauri, R.K., Reisinger, A (Eds.), *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team. IPCC, Geneva, Switzerland.
 - IAD, 2008. Institut de l'Agriculture Durable. Indiciades. Disponible en: <http://www.indiciades.fr/> (acceso en 26/02/2019).
 - INSPIA, 2014. Initiative for Sustainable Productive Agriculture. Disponible en: <http://www.inspia-europe.eu/> (acceso en 26/02/2019).
 - Juwana, I., Muttill, N., Perera, B.J.C., 2012. Indicator-based water sustainability assessment-A review. *Science of the Total Environment* 438, 357-371.
 - Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F., Pretty, J., 2009. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7(4), 292-320.
 - Kassam, A., Basch, G., Friedrich, T., Gonzalez, E., Triviño, P., Mkomwa, S., 2017. Mobilizing greater crop and land potentials sustainably. *Hungarian Geographical Bulletin* 66, 1-9.
 - Labuschagne, C., Brenta, A.C., Ron, P.G., Van Ercka, P.G., 2005. Assessing the sustainability performances of industries. *Journal of Cleaner Production* 13, 373-385.
 - Lal, R., 2010. Enhancing Eco-efficiency in agro-ecosystems through soil carbon sequestration. *Crop Science* 50, 120-131.
 - Lal, R., Delgado, J.A., Groffman, P.M., Millar, N., Dell, C., Rotz, A., 2011. Management to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation* 66(4), 276-285.
 - Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C., Menassieu, J., 2009. Agronomy for Sustainable Agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 1-6.
 - Lowder, S.K., Scoet, J., Raney, T., 2016. The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide. *World Development* 87, 16-29.

- Marchand, F., Debruyne, L., Triste, L., Gerrard, C., Padel, S., Lauwers, L., 2014. Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecology and Society*, 19(3), Art. 46.
- Meul, M., Van Passel, S., Neven, F., Dessein, J., Rogge, E., Mulier, A., Van Hauwermeire, A., 2008. MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for Sustainable Development* 28, 321-332.
- Migliorini, P., Galioto, F., Chiorri, M., Vazzana, C., 2018. An integrated sustainability score based on agro-ecological and socioeconomic Indicators. A case study of stockless organic farming in Italy. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42, 859-884.
- Molinos-Senante, M., Gómez, T., Garrido-Baserba, M., Caballero, R., Sala-Garrido, R., 2014. Assessing the sustainability of small waste treatment systems: A composite indicator approach. *Science of the Total Environment* 497-498, 607-617.
- Munda, G., 2008. *Social multi-criteria evaluation for a sustainable economy*. Springer-Verlag, New York.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman, A., Giovannini, E., 2005a. *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. OECD Statistics Working Paper, OECD, Paris.
- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., 2005b. *Tools for composite indicators building*. Joint Research Centre-European Commission, Ispra (Italy).
- Nelson, R.G., Hellwinckel, C.M., Brandt, C.C., West, T.O., Ugarte de la, T., Marland, G., 2009. Energy uses and carbon dioxide emissions from cropland production in Unites States, 1990-2004. *Journal of Environmental Quality* 38, 418-425.
- O'Connor, M., 2006. The "Four Spheres" framework for sustainability. *Ecological Complexity* 3, 285-292.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), 1999. *Environmental indicators for agriculture. Issues and Design*. OECD, Paris.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) and Joint Research Centre (JRC), 2008. *Handbook on constructing composite indicators – methodology and user guide*. OECD, Paris.
- Overmars, K.P., Schulp, C.J.E., Alkemade, R., Verburg, P.H., Temme, A.J.A.M., Omtzigt, N., Schaminée, J.H.J., 2014. Developing a methodology for a species-

based and spatially explicit indicator for biodiversity on agricultural land in the EU. *Ecological Indicators* 37, 186-198.

- Paracchini, M.L., Bulgheroni, C., Borreani, G., Tabacco, E., Banterle, A., Bertoni, D., De Paola, C., 2015. A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: The SOSTARE model. *Agricultural Systems* 133, 35-53.
- Peano, C., Tecco, N., Dansero, E., Girgenti, V., Sottile, F., 2015. Evaluating the sustainability in complex agri-food systems: The SAEMETH framework. *Sustainability* 7(6), 6721-6741.
- Pelzer, E., Fortino, G., Bockstaller, C., Angevin, F., Lamine, C., Moonen, C., Vasileiadis, V., Guérin, D., Guichard, L., Reau, R., Messéan, A., 2012. Assessing innovative cropping systems with DEXiPM, a qualitative multi-criteria assessment tool derived from DEXi. *Ecological Indicators* 18, 171-182.
- Pope, J., Annandale, D., Morrison-Saunders, A., 2004. Conceptualising sustainability assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 24, 595-616.
- Pope, J., 2006. Editorial: What's so special about sustainability assessment? *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 8; 3, v-x.
- Pretty, J., 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363, 447-465.
- Qiu, H., Zhu, W., Wang, H., Cheng, X., 2007. Analysis and design of agricultural sustainability indicators systems. *Agricultural Sciences in China* 6(4), 475-486.
- Ramos, T.B., Caeiro, S., 2010. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. *Ecological Indicators* 10, 157-166.
- de Ridder, W., Turnpenny, J., Nilsson, M., von Raggamby, A., 2007. A framework for tool selection and use in integrated assessment for sustainable development. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management* 9, 423-441.
- RISE 3.0., 2016. Response-Inducing Sustainability Evaluation. Disponible en: https://www.hafl.bfh.ch/fileadmin/docs/Forschung_Dienstleistungen/Agrarwissenschaften/Nachhaltigkeitsbeurteilung/RISE/What_is_RISE.pdf (acceso en 05/11/2018).
- Rosnoblet, J., Girardin, P., Weinzaepflen, E., Bockstaller, C., 2006. Analysis of 15 years of agriculture sustainability evaluation methods. In: Fotyma, M.,

- Kaminska, B. (Eds.) Proceedings of the 9th ESA Congress, bibliotheca Fragmenta Agronomica. Warsaw, Poland, vol. 11 Part II, pp 707-708.
- Runhaar H.A.C., Melman, Th.C.P., Boonstra, F.G., Erisman, J.W., Horlings, L.G., de Snoo, G.R., Termeer, C.J.A.M., Wassen, M.J., Westerink, J., Arts, B.J.M., 2017. Promoting nature conservation by Dutch farmers: a governance perspective. *International Journal of Agricultural Sustainability* 15(3), 264-281.
 - Sadok, W., Angevin, F., Bergez, J.E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Messéan, A., Doré, T., 2009. MASC: a qualitative multi-attribute decision model for ex ante assessment of the sustainability of cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development* 29, 447-461.
 - Schader, C., Grenz, J., Meier, M.S., Stolze, M., 2014. Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecology and Society* 19 (3): 42.
 - Singh, R.K., Murty, H.R., Gupta, S.K., Dikshit, A.K., 2012. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators* 15, 281-299.
 - Thiollet-Scholtus, M., Bockstaller, C., 2015. Using indicators to assess the environmental impacts of wine growing activity: The INDIGO® method. *European Journal of Agronomy* 62, 13-25.
 - Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., García-Cidad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muy, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A., 2007. SAFE_A hierarchical framework for assessing sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120, 229-242.
 - Vasileiadis, V.P., Moonen, A.C., Sattin, M., Otto, S., Pons, X., Kudsk, P., Veres, A., Dorner, Z., van der Weide, R., Marraccini, E., Pelzer, E., Angevin, F., Kiss, J., 2013. Sustainability of European maize-based cropping systems: Economic, environmental and social assessment of current and proposed innovative IPM-based systems. *European Journal of Agronomy* 48, 1-11.
 - Vasileiadis, V.P., Dachbrodt-Saaydeh, S., Kudsk, P., Colnenne-David, C., Leprince, F., Holb, I., Kierzek, R., Furlan, L., Loddo, D., Melander, B., Jørgensen, L.N., Newton, A.C., Toque, C., Van Dijk, W., Lefebvre, M., Benezit, M., Sattin M., 2017. Sustainability of European winter wheat-and maize-based cropping systems: Economic, environmental and social ex-post assessment of conventional and IPM-based systems. *Crop Protection* 97, 60-69.

- von Wirén-Lehr, 2001. Sustainability in agriculture – an evaluation of principal goal-oriented concepts to close the gap between theory and practice. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 84, 115-129.
- Walter, C., Stützel, H., 2009. A new method for assessing the sustainability of land-use systems (II): Evaluating impact indicators. *Ecological Economics* 68, 1288-1300.
- Wilson, M.C., Wu, J.G., 2017. The problems of weak sustainability and associated indicators. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 24 (1), 44-51.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., 2008. Assessing farm sustainability with the IDEA method- from the concept of agriculture sustainability to case studies of farms. *Sustainable Development*, 16, 271-281.

CAPÍTULO III.

Evaluación de la sostenibilidad agraria de una finca vitivinícola de la DOP. 'Montilla-Moriles' a través de la metodología INSPIA

CAPITULO III. Evaluación de la sostenibilidad agraria de una finca vitivinícola de la DOP. 'Montilla-Moriles' a través de la metodología INSPIA

III-1. INTRODUCCIÓN

III-1.1. Evaluación de la sostenibilidad agraria

Tal y como se ha indicado en el capítulo anterior, la sostenibilidad de la agricultura es un aspecto crucial para la protección del capital natural y el uso futuro de los recursos naturales. Por lo tanto, la evaluación de la sostenibilidad de las fincas y la identificación de sus mejoras potenciales es relevante para avanzar en un sector viable, competitivo y sostenible.

Existe un amplio consenso en cuanto a que la sostenibilidad de la agricultura debería de estar basada en la implementación de un conjunto de buenas prácticas agrarias (BPAs), viables económicamente, seguras medioambientalmente, y aceptadas socialmente, que satisfagan las necesidades actuales, sin comprometer las necesidades de próximas generaciones en cuanto a la producción de alimentos (Hansen, 1996), a la vez que preservando las características iniciales del medio (Lamastra *et al.*, 2016). En este contexto, existen algunas iniciativas para monitorear cuestiones específicas como la calidad del suelo (Bohanec *et al.*, 2007) o la calidad del agua (Juwana *et al.*, 2012). Sin embargo, no se conocen muchos enfoques holísticos, que tengan en cuenta aspectos multidisciplinarios para la evaluación de la sostenibilidad agrícola en su totalidad (Lichtfouse *et al.*, 2009).

Asimismo, y a pesar de las dificultades para evaluar la sostenibilidad agrícola (Abbona *et al.*, 2007), a partir del 1987, con la publicación de las primeras discusiones sobre agricultura sostenible, en el informe Brundtland (Brundtland, 1987), surgieron numerosos intentos para medir la sostenibilidad de la agricultura a diferentes escalas. Por ejemplo, la metodología IDEA - Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles (Zahm *et al.*, 2008), el modelo SOSTARE (Paracchini *et al.*, 2015) o el modelo INSPIA - Initiative for Sustainable Productive Agriculture (Triviño-Tarradas *et al.*, 2019) evalúan la sostenibilidad a nivel de finca, mientras que otros, como el marco SAFE - Sustainability Assessment of Farming and the Environment (Van Cauwenberg *et al.*, 2007), lo hacen a nivel regional. Algunas de estas iniciativas abordan las tres dimensiones principales de la sostenibilidad: económica, social y ambiental, como, por ejemplo: SAFE, Multicriteria Assessment of the Sustainability of Cropping Systems -MASC 2.0. (Craheix *et al.*, 2012), Sustainable Agri-Food Evaluation methodology -SAEMETH (Peano *et al.*, 2015),

IDEA, Monitoring Tool for Integrated Farm Sustainability - MOTIFS (Meul *et al.*, 2008), mientras que otras, inciden en tan sólo uno de los aspectos citados. Por ejemplo, la metodología INDIGO (Bockstaller *et al.*, 1997) solo se basa en la dimensión ambiental, mientras que el modelo SOSTARE, carece de la dimensión social.

Estas herramientas ayudan a los agricultores a monitorear la sostenibilidad de sus fincas año tras año, ayudándolos en la toma de decisiones y permitiéndoles mejorar su rendimiento en el campo mediante la implementación de un conjunto de BPAs (Tabla II-1), (Triviño-Tarradas *et al.*, 2019).

III-1.2. Importancia del sector olivarero y vitivinícola en Andalucía

El sector vitivinícola y el olivarero poseen gran relevancia para España, no solo por las extensas áreas dedicadas al cultivo de vides, y olivares, y por consiguiente de sus notables producciones, sino también por su calidad y la significativa repercusión en la economía del país (Pardo-Calle *et al.*, 2011; Hinojosa-Rodríguez *et al.*, 2014). La producción de aceite de oliva y la producción de vino tienen un alto impacto económico y social en el sur de España. Andalucía es líder en olivicultura, con más de 1,5 millones de hectáreas distribuidas en alrededor de 190.000 explotaciones que logran producir el 28% de la producción mundial y cerca del 80% de la producción española (MAPAMA, 2017). Según datos del último censo agrario, alrededor de 250.000 familias dependen de este sector, que representa el 40% del empleo agrícola (INE, 2009). Sin embargo, y a pesar de la poca importancia del sector vitivinícola andaluz en cuanto a su extensión (3,2% del total en casi 9.000 explotaciones), (MAPAMA b, 2017), el sector vitivinícola andaluz ocupa el octavo lugar en la producción nacional de vino con 6,1 millones de toneladas de uvas (MAPAMA, 2017), contribuyendo al 3,4% de la producción nacional (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2017). Asimismo, el valor económico de la producción de vino comercializada en Andalucía representa el 55,5% del resto de productos de calidad actuales, como son entre otros: el aceite, el jamón y las frutas (Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2016).

Con respecto a superficies, los cultivos permanentes en Andalucía representan el 55,2% de la superficie cultivada. El olivar y el viñedo, son los dos, de los principales cultivos permanentes por excelencia en dicha región, suponiendo casi el 83% de la superficie cultivada total con este tipo de cultivos (MAPAMA b, 2017). De ahí, la importancia de evaluar la sostenibilidad de estos sistemas de producción en el sur de España.

Con respecto al valor social, es interesante resaltar la relevancia del cultivo del viñedo entre otros, por su importancia económica y de empleo (Prosdocimi *et al.*, 2016).

III-1.3. Prácticas agrarias convencionales y problemas medioambientales

Hoy en día, muchos de los ecosistemas agrarios que ocupan las extensiones de cultivos permanentes sufren de severa erosión y degradación del suelo, debido a prácticas agrícolas inadecuadas que se han realizado tradicionalmente desde antaño (García-Díaz *et al.*, 2018; Sastre *et al.*, 2018). En concreto, las prácticas convencionales basadas en la labranza, han propiciado en gran medida la degradación del suelo, el agotamiento del contenido de orgánica, aumentando en gran medida la vulnerabilidad de dichas superficies a eventos climáticos extremos (Prosdocimi *et al.*, 2016; Kassam *et al.*, 2017).

Muchos autores han subrayado que la sostenibilidad en los cultivos permanentes empieza con la presencia de hierbas, que cubren el suelo entre las calles de los cultivos arbóreos (Lamastra *et al.*, 2016). En este contexto, cubrir la superficie de suelo se considera una práctica muy extendida en parcelas con pendiente en países europeos, pero quizás no en todas partes. En Andalucía, más del 12,5% de los suelos se clasifican con una tasa de erosión alta (50-100 t ha⁻¹ año⁻¹) y muy alta (> 100 t ha⁻¹ año⁻¹) (Consejería de Medio Ambiente, 2011). En el área mediterránea, la mayor parte del suelo dedicado a cultivos permanentes es vulnerable a la erosión del suelo (Martínez-Raya *et al.*, 2007). Las prácticas agrícolas inadecuadas han acelerado la degradación del suelo y se consideran la principal causa de la disminución de la fertilidad del suelo (Kassam *et al.*, 2017; Sastre *et al.*, 2018). En este contexto, gracias a los esquemas agroambientales de las antiguas políticas agrícolas, en Andalucía se ha ido introduciendo poco a poco el establecimiento de coberturas para cultivos permanentes, que, en la actualidad, y debido a la gran cantidad de beneficios que ofrece, está siendo cada vez más reconocida como práctica sostenible. Algunos de los datos a tener en cuenta para España son: el rápido aumento que estas prácticas han sufrido en los últimos 7 años en las tierras destinados a cultivos permanentes (más del 23%), (MAPAMA b, 2011; 2017). Hoy en día, el 42% del olivar y el 11,36% del viñedo, se encuentran implementando dichos manejos de suelo (MAPAMA b, 2017).

Las políticas agrícolas europeas abordan cada vez más la competitividad agrícola, la conservación del medio ambiente y la equidad social. En concreto, la próxima Política Agrícola Común (PAC) que se establecerá más allá de 2021, apunta, seguir

apoyando a los agricultores que sean más respetuosos con el medioambiente, y más responsables con respecto al desafío actual del cambio climático, a la vez que proporcione los alimentos necesarios para satisfacer a la creciente población prevista para 2050 (FAO, 2009).

Cualquier tierra de cultivo debería estar comprometida con la sostenibilidad hoy en día, por consiguiente, este capítulo de la tesis, se ha destinado a evaluar la gestión económica, social y medioambiental que se ha llevado a cabo en la finca de estudio en los últimos años.

El objetivo de este trabajo es mostrar la evolución de la sostenibilidad agraria, basada en diferentes manejos, de una finca mixta, típica de olivar y viñedo en el sur de España a lo largo de 5 campañas agrícolas, a través de la metodología INSPIA. Asimismo, se identifican y proponen las BPAs que los agricultores podrían implementar para mejorar el grado de sostenibilidad en fincas semejantes a la evaluada en este capítulo.

III-2. MATERIAL Y MÉTODOS

III-2.1. Finca de estudio

Para este estudio de evaluación, se seleccionó una finca estándar de viñedo y olivar, típica de la DOP. 'Montilla-Moriles' en el sur de España. La finca de estudio se denomina 'Lagar Cañada Navarro'. Se trata de una explotación mixta de 20,16 ha de viñedo y olivar, ubicada en el término municipal de Montilla, al sur de la provincia de Córdoba (España): 37 ° 32 ' 29,09 "N; 04 ° 33 ' 24,59" W (Figura III-1).

Montilla es uno de los diecisiete municipios que conforman total o parcialmente la Denominación de Origen Protegida (DOP) 'Montilla-Moriles' (Orden de 3 de mayo de 2016). La superficie total de la finca se distribuye en 18,01 ha de viñedo de secano en espaldera con un marco de plantación de 2,90 x 1,20 m, y 2,11 ha de olivos de regadío, con un marco de plantación de 8 x 8 m (Figura III-2).

III-2.2. Método de evaluación de sostenibilidad

Se selecciona el modelo INSPIA entre las diferentes metodologías estudiadas en la bibliografía para medir la sostenibilidad, debido a su idoneidad para obtener un índice compuesto, que conjuga las tres subdimensiones temáticas del desarrollo sostenible (económica, social y ambiental), (FAO, 2016; Marchand *et al.*, 2014).

Asimismo, el modelo INSPIA, tal y como se explicó en el capítulo II de la presente tesis doctoral, es un enfoque holístico que evalúa la sostenibilidad agraria a nivel de finca. En este contexto, INSPIA no sólo valora los efectos directos de ciertas BPAs, como, por ejemplo: la "tasa de cobertura del suelo", el "contenido de materia orgánica" o la "diversidad de cultivos", sino que, INSPIA también ofrece resultados de los efectos indirectos derivados de ciertos manejos, como pueden ser: cambios en la "biodiversidad", el "riesgo de erosión del suelo", el "balance de gases de efecto invernadero" o el "índice de satisfacción de los agricultores".

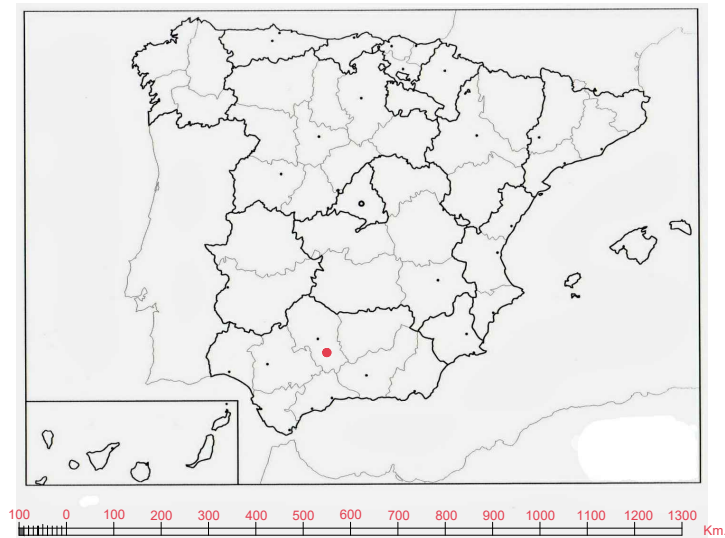


Figura III-1. Localización de la finca de estudio 'Lagar Cañada Navarro'. Fuente: Nuestra nave TIC



Figura III-2. Ubicación de las parcelas de viñedo y olivar de la explotación. Números de parcela 1, 2 y 3 (viñedo) y número de parcela 4 (olivar). Fuente: Google Maps.

La viabilidad de las BPAs se realiza a través de un conjunto personalizado de 31 indicadores básicos de código abierto, que sirven de herramientas para evaluar el grado de sostenibilidad de la explotación, a la par que, resaltar lo que se necesita cambiar para mejorarla.

En la metodología INSPIA, tal y como se explicó en el capítulo II, los indicadores básicos se conjugan en agregados (nivel 1 y 2), y las tres subdimensiones concurren en equidad hasta conseguir la visión integral de la sostenibilidad. De este modo, y en consonancia con otros autores como Santiago-Brown *et al.* (2015), la sostenibilidad se entiende como una agregación de indicadores y no como el estudio aislado de los indicadores básicos.

La metodología INSPIA, indica de manera cuantitativa el grado de sostenibilidad de la explotación a través de un índice compuesto entre 0 y 100.

III-2.3. Recopilación de datos

La finca de estudio considerada fue estudiada anualmente desde la campaña agrícola 2013/2014 hasta 2017/2018. Todos los años, al final de la campaña, un técnico visitaba la finca y mantenía una entrevista con el agricultor, realizándole una encuesta para recopilar datos relacionados con las operaciones de manejo y con los cultivos existentes en el campo, que permitían calcular el conjunto de indicadores básicos y agregados, y finalmente el índice INSPIA compuesto de sostenibilidad. Por ello, en definitiva, INSPIA permite comparar los grados de sostenibilidad de la finca en las diferentes campañas agrícolas.

La fórmula de cálculo y la metodología implementada de los indicadores básicos de se pueden encontrar en el Anexo I.

Para conocer el grado de implementación de las prácticas agrarias que el agricultor pone en práctica en la finca, se realizaron unas encuestas a principio del estudio, en la campaña 2013/2014; a mitad, en la 2015/2016; y, por último, durante la campaña 2016/2017. El grado de implementación de cada BPA oscila entre el valor 0 (no implementación de la BPA) hasta 10 (máxima implementación de la BPA).

III-2.4. Evaluación de la implementación de las BPAs a través de indicadores

La completa gestión de la finca, bien sea, el manejo de suelo, los cultivos establecidos, los inputs aplicados y su aplicación, e incluso las prácticas

encaminadas a mejorar y proteger el capital natural son evaluadas con la metodología INSPIA. En este contexto, INSPIA ofrece un índice de sostenibilidad compuesto que está muy ligado a la gestión agrícola desarrollada en la finca. Es decir, el grado de sostenibilidad se ve afectado por la cantidad de BPAs que se llevan a cabo en la explotación. El índice INSPIA resultante y el valor de sus indicadores básicos también están interrelacionados con el número de BPAs realizados por un agricultor en su finca, tal y como se justificará en los resultados de dicho capítulo.

El cálculo de los indicadores básicos se basa esencialmente en lo que el agricultor realiza en la práctica, es decir, en el grado de implementación de las BPAs y del número de BPAs que llevan a cabo. El óptimo de sostenibilidad hace referencia a un conjunto de valores de indicadores básicos y/o agregados uniformemente altos. Una puntuación promedia alta, como valor del índice compuesto final, que incluya valores muy bajos en algunos indicadores básicos y/o agregados, no es óptima y no es sostenible, a pesar de existir pasos en la dirección correcta.

III-3. RESULTADOS

III-3.1. Valores de resultados de indicadores

Los resultados que se muestran en la Tabla III-1, son los valores de los 31 indicadores básicos de sostenibilidad INSPIA, para la finca de estudio, desde la campaña 2013/2014 hasta la 2017/2018.

Capítulo III: Evaluación de la sostenibilidad agraria de una finca vitivinícola de la DOP. 'Montilla-Moriles' a través de la metodología INSPIA

Tabla III-1. Valores de los indicadores básicos INSPIA para la finca de estudio (2013/2014-2017/2018).

Nº	Indicador básico INSPIA	Unidades	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018
1	Renta/Beneficio neto por hectárea	€/ha	2.114	1.890	1.951	2.156	1.915
2	Renta por unidad de trabajo (UTA)	€/AWU	91.219	83.362	86.236	98.277	95.167
3	Costes de producción por hectárea	€/ha	1.672	1.623	1.628	1.653	1.605
4	Rendimiento	-	85,4	86,5	86,8	108,7	86,2
5	Productividad del N	kg/kg	111,03	113,87	114,35	113,91	113,08
6	Productividad del P	kg/kg	95,6	96,32	96,56	95,60	65
7	Consumo de agua de riego	m ³ /ha	750	750	750	750	750
8	Productividad del agua de riego	kg/m ³	13,33	14	14,09	14,15	12
9	Balace energético	MJ/ha	3.311	3.313	3.283	3.321	3.150
10	Eficiencia energética	MJ/MJ	3,30	3,30	3,40	3,30	3,20
11	Productividad energética	kg/MJ	9,74	9,83	9,87	10,10	9,60
12	Horas de trabajo por ha	h/ha	15,82	15,79	15,78	13,81	17,67
13	Índice de satisfacción	-	5,5	5,5	8,5	10	4,75
14	Nivel de formación de los agricultores	-	2,5	2,5	3	6	6
15	Riesgo de abandono de la actividad agraria	-	0	0	0	0	0
16	Índice de laboreo del suelo	-	14	10,01	8,20	8,20	14
17	Índice de cobertura del suelo	-	0,83	0,84	0,84	0,84	0,38
18	Riesgo de erosión del suelo	-	0,19	0,19	0,18	0,17	0,28
19	Materia orgánica	%	0,48	0,48	0,52	0,8	0,77
20	Diversidad de cultivos	-	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
21	Rotación de cultivos	-	0	0	0	0	0
22	Balace del N	kg N/ha	-7,10	-6,20	-6,02	-6,42	-3,32
23	Eficiencia del N	kg/kg	1,16	1,20	1,2	1,2	0,85
24	Balace del P	kg P/ha	7,6	7,75	7,79	7,69	7,6
25	Eficiencia del P	kg/kg	1,43	1,44	1,45	1,43	1,33
26	Balace de GEIs	CO ₂ eq/ha	1.677	1.677	1.671	1.678	2.735
27	GEIs por kg	kg CO ₂ eq/kg	0,14	0,14	0,14	0,14	0,23
28	Superficies naturales	%	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
29	Estructuras de biodiversidad	-	1	1	1,33	4	3,33
30	Márgenes y franjas de seguridad	%	0,36	0,36	0,36	0,36	0,3
31	Manejo de productos fitosanitarios	-	4	4	4	21	21

Los tres tipos de resultados gráficos y alfanuméricos se obtuvieron para cada campaña agrícola (Figura III-3a, III-3b y III-3c). Los indicadores básicos se dividen en los tres compartimientos principales de la sostenibilidad (Figura III-3a) y, de la misma manera, en los doce indicadores agregados en el nivel 1 (Figura III-3b). Finalmente, la estructura jerárquica del dendograma (Figura III-4) se utilizó para establecer el cálculo final del índice de sostenibilidad para las cinco campañas agrícolas (Figura III-5).

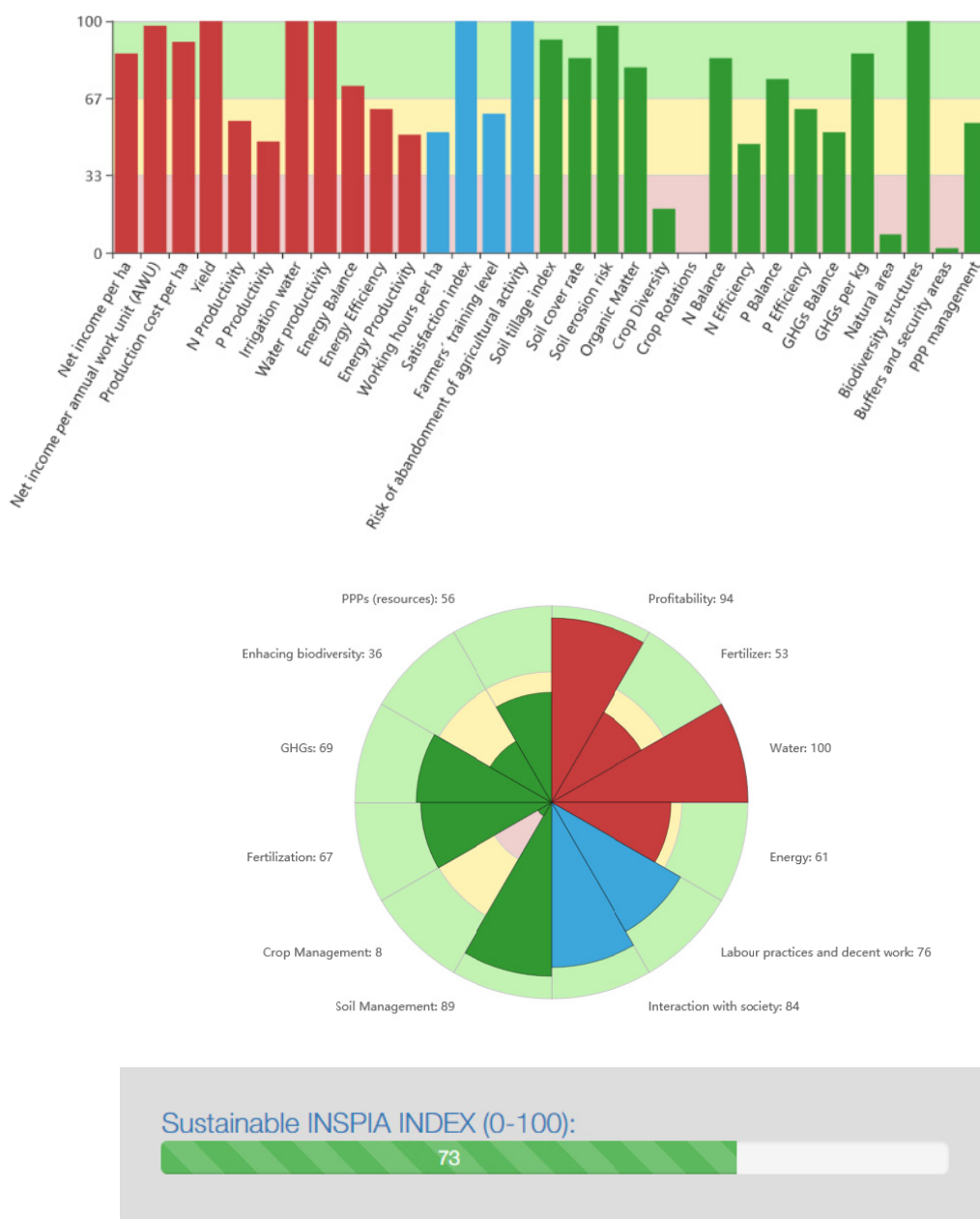


Figura III-3. Resultados gráficos y numéricos de los indicadores básicos (a) y los indicadores agregados (nivel 1) (b), e índice global de sostenibilidad INSPIA de la finca de estudio (c) para la campaña agrícola 2016/2017. Fuente: plataforma INSPIA www.inspia-europe.eu.

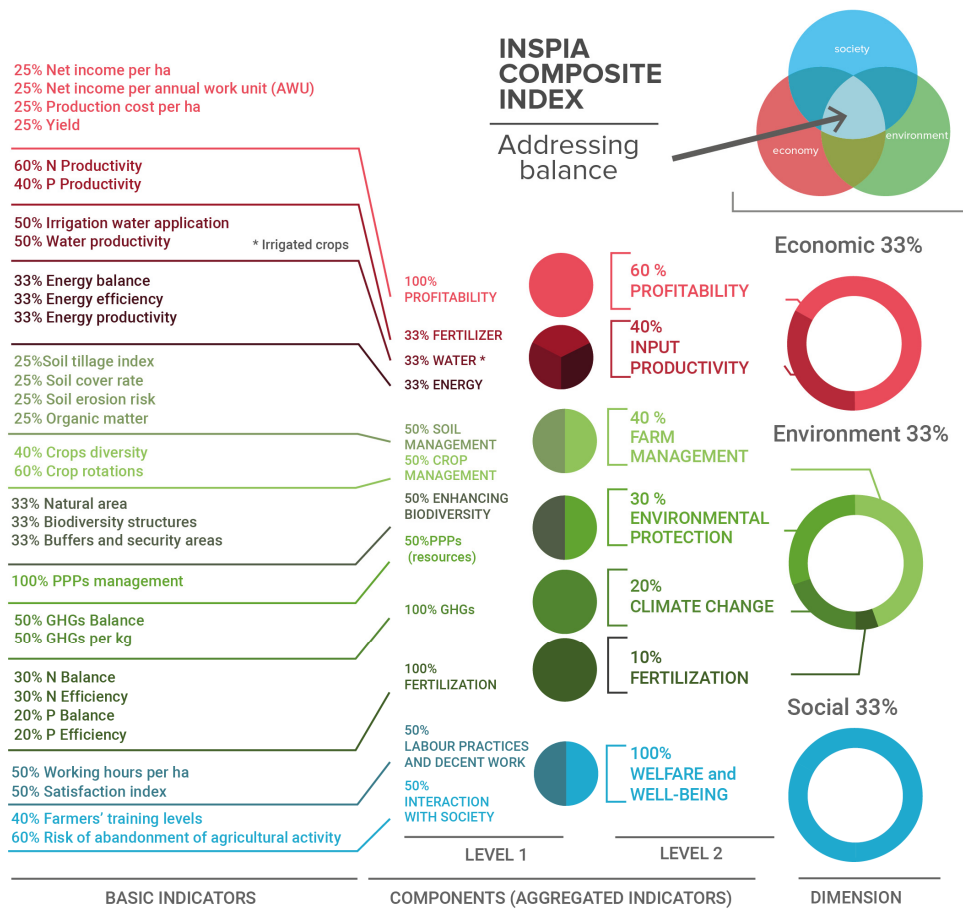


Figura III-4. Dendograma y ponderación de indicadores de la metodología INSPIA, (Triviño-Tarradas *et al.*, 2019).

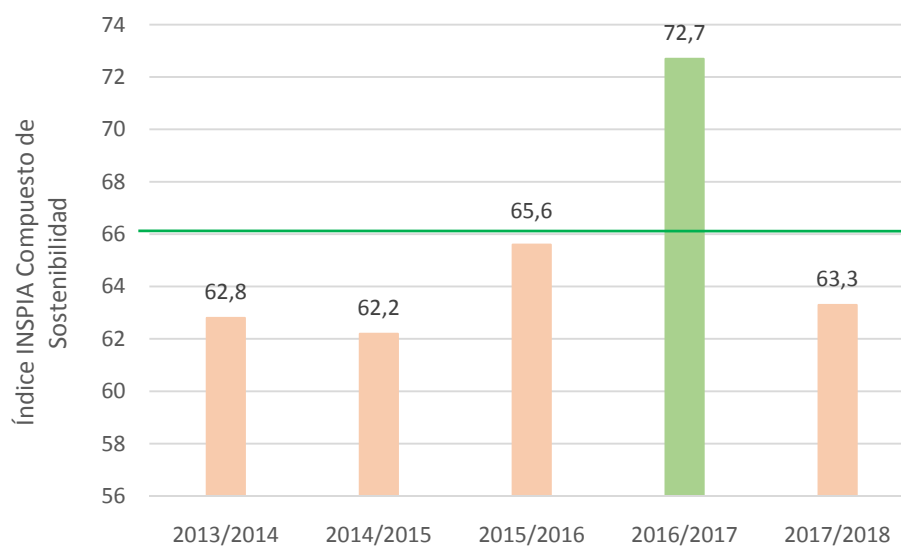


Figura III-5.- Evolución del índice compuesto INSPIA de sostenibilidad. Fuente: elaboración propia.

III-3.2. Datos con respecto a la implementación de la BPAs

Una vez realizadas las encuestas para obtener el nivel de implementación de las BPAs a lo largo de los tres periodos estudiados, se observan los siguientes resultados: 3 BPAs no varían, 2 BPAs no son elegibles para dicha explotación, y 10 BPAs han variado su grado de implementación. La Figura III-6 muestra las variaciones de los grados de implementación de las prácticas agrarias que han fluctuado a lo largo de los periodos estudiados.

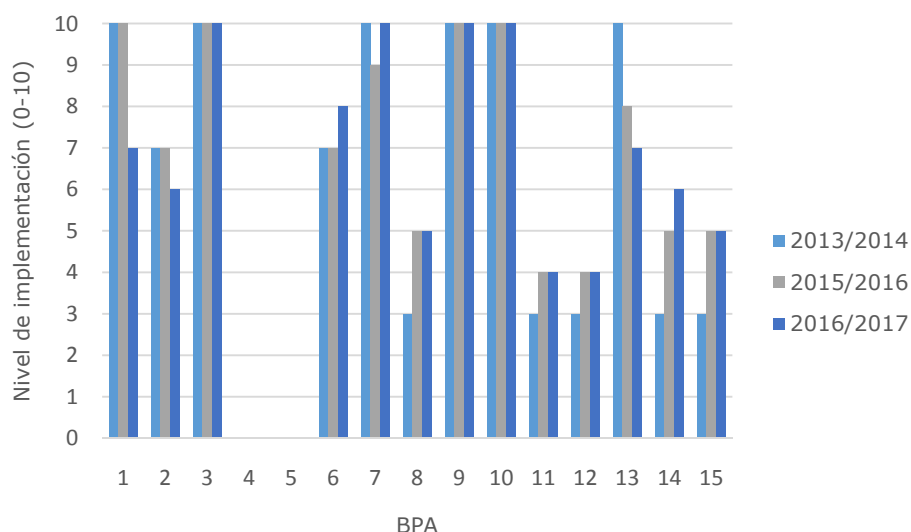


Figura III-6. Evolución del grado de implementación de la BPAs. Fuente: elaboración propia.

III-4. DISCUSION DE RESULTADOS

III-4.1. Valoración de los resultados

A partir de las Figuras III-3a, III-3b y III-3c, es fácil demostrar que los indicadores son medibles y que ayudan a evaluar visualmente las prácticas agrícolas durante un período determinado (Santiago-Brown *et al.*, 2015).

El modelo INSPIA evalúa numerosos aspectos medioambientales: gestión de cultivos, manejo de suelo, protección ambiental, biodiversidad, e incluso aspectos relacionados con el cambio climático. La tasa cobertura de suelo se mide a través del indicador Nº 17 de la Tabla III-1. Este indicador depende del manejo que se realice en el suelo. Ha sido adaptado a los cultivos permanentes y se refiere a la cantidad de días al año en que el suelo está cubierto (OCDE 2001). Los resultados que se obtienen coinciden con lo presentado por autores como Fraga y Santos, (2018), que afirman que cuanto más cubierto se encuentre el suelo, menor es la merma del rendimiento potencial debido fundamentalmente a la degradación de

suelo en las regiones de clima Mediterráneo del Sur de Europa. Igualmente, DeVetter *et al.* (2015), señalan que, el tener el suelo cubierto entre calles en viñedos mantiene los rendimientos cuando acontecen condiciones climáticas adversas. En nuestro estudio, se observa un incremento del 27,28%, en el indicador de rendimiento N° 4, que refleja el rendimiento real con respecto al potencial de esa campaña, durante las cuatro primeras campañas en las que se mantiene la cobertura del suelo debido al establecimiento de cubiertas vegetales durante la época lluviosa (otoño-invierno), determinada por el indicador N° 17. Este indicador, 'cobertura de suelo', ha mostrado cierta estabilidad a lo largo de las primeras cuatro campañas en las que se establecen cubiertas vegetales tanto en viñedo como en olivar, mientras que denota una disminución del 54,7% cuando se eliminan las cubiertas en viñedo en la última campaña (Tabla III-1). Asimismo, con la eliminación de las cubiertas vegetales en viñedo, y por tanto del indicador de cobertura, se observa una caída del 20,6% para el valor del indicador N°4 (rendimiento).

Por otro lado, y tal y como constatan otros autores, el mantenimiento del suelo cubierto reduce su riesgo de erosión (González-Sánchez *et al.*, 2016; 2017; Kassam *et al.*, 2017; Santiago-Brown *et al.*, 2015). En este contexto, se resalta la vinculación existente entre estos dos indicadores; la 'cobertura de suelo' (indicador N° 17) y el 'riesgo de erosión', determinado por el indicador N° 18. Los resultados de estos dos indicadores durante las cuatro primeras campañas se mantienen prácticamente invariables (Tabla III-1). Sin embargo, el cambio en el manejo de suelo que se realiza en la quinta campaña, ofrece resultados que corroboran lo indicado anteriormente: observándose tendencias de crecimiento del indicador de 'riesgo de erosión' (64,7%), cuando se detectan caídas en el indicador de 'cobertura de suelo' (54,7%). No obstante, la finca en estudio siempre ha manifestado un cierto grado de riesgo de erosión, especialmente en las parcelas de viñedo, a pesar de manejarse con cubiertas vegetales sembradas. Esto, se debe fundamentalmente a la necesidad de labrar entre calles previamente a la siembra de la cubierta, para conseguir un lecho de siembra idóneo. En este contexto, las grandes longitudes de ladera de las parcelas, y las condiciones de suelo labrado y suelto, ofrecían condiciones favorables a la pérdida de suelo en caso de que acontecieran lluvias torrenciales antes de que la cubierta de cebada estuviera adecuadamente establecida.

Asimismo, de la bibliografía consultada, se demuestra que la reducción de las labores conduce a una mejora de la estructura del suelo que repercute favorablemente en la productividad del cultivo implantado particularmente en las

zonas semi-áridas (Fernandez-Ugalde *et al.*, 2009). El no laboreo, y el mantenimiento del suelo cubierto destacan como buenas prácticas agrarias en este estudio. Fernández-Ugalde *et al.* (2009), demuestra que las técnicas de no labranza aumentan y mejoran la capacidad de retención de agua de los suelos durante la época más seca del año, y por consiguiente su disponibilidad para el cultivo. En nuestro estudio, 'la productividad del agua de riego' (indicador N° 8) aumentó en las primeras cuatro campañas un 6,15% debido fundamentalmente a la existencia de cubiertas vegetales entre calles. El indicador N°16, que alude al laboreo del suelo, ha mejorado su valor un 41,4% durante las cuatro primeras campañas, lo que demuestra que la finca de estudio ha reducido las labores a lo largo de ese período. Volviendo a empeorar en la quinta campaña, con la eliminación de las cubiertas en viñedo y mayor necesidad de labranza, aumentando su valor en un 70%. El agricultor, al no poseer sembradora directa para la siembra de las cubiertas, necesitaba preparar el lecho de siembra de las mismas mediante labores. Esto, unido a la eliminación de las cubiertas en el viñedo con laboreo posterior a la siega química de las mismas, justifica de que dicho indicador (N° 16) obtuviera valores en principio más elevados de los que se hubieran podido pretender con la implantación de cubiertas vegetales, sin realizar laboreo entre calles. Por lo tanto, una mejora a tener en cuenta en un futuro con respecto a las prácticas agrícolas en la finca sería la realización de la siembra de cubiertas vegetales utilizando la maquinaria adecuada, la sembradora directa, que permite el establecimiento de la cubierta sin necesidad de laboreo (AEAC.SV, 2017), (Imagen III-1).



Imagen III-1. Utilización de sembradora convencional para implantar las cubiertas vegetales.

Fuente: Hermanos Jiménez del Pino.

Muchos autores han demostrado que la minimización o reducción de la perturbación del suelo, del laboreo, conduce a un aumento en la materia orgánica del suelo (Fernandez-Ugalde *et al.*, 2009; Basch *et al.*, 2012; Ruiz-Colmenero *et al.*, 2013), ya que se reduce la mineralización de los residuos de los cultivos, la alteración de los agregados del suelo y el aumento de la aireación. Los resultados obtenidos a lo largo de las campañas corroboran las declaraciones citadas en la bibliografía, ya que la reducción del 41,4% del indicador de laboreo del suelo, lleva asociada un incremento del contenido de materia orgánica del 66,6% (indicador Nº 19), (Tabla III-1). Los menores valores del indicador de materia orgánica se justifican por la frecuencia del laboreo, y por el bajo contenido de residuos incorporado a través de las cubiertas vegetales, tal y como demostró Colnenne-David *et al.* (2017) en su investigación.

En este sentido, cabe reseñar lo apuntado por muchos autores que indican que la fertilidad del suelo y su capacidad para producir alimentos, están intrínsecamente relacionadas con el nivel de materia orgánica (Kassam *et al.*, 2017). En este estudio, se observa que los valores más altos de materia orgánica, calculados en la cuarta campaña (0,8%), se relacionan con valores máximos del indicador de rendimiento (indicador Nº 4) en la misma campaña (108,7).

Con respecto a la diversificación de cultivos en la explotación, indicador 'diversidad de cultivos', (indicador Nº 20), los valores no varían debido a la propia condición de cultivos permanentes, que persisten durante las cinco campañas evaluadas (Tabla III-1).

Los indicadores que, de manera más o menos directa, evalúan la biodiversidad que existe en la finca son varios. Por un lado, se encuentra el indicador Nº 28, 'superficies naturales', que relaciona la superficie de vegetación natural, bien sea arbórea, arbustiva o herbácea, con respecto a la superficie total de la finca, manteniéndose constante para las cinco campañas evaluadas, ya que estas superficies no han variado su extensión. Por otra parte, la existencia del indicador Nº 29, 'estructuras de biodiversidad', refleja en gran medida la agrobiodiversidad funcional de la finca, es decir, la biodiversidad de especies que se pueden encontrar en ella. De la Tabla III-1, se observa una tendencia al alza de este indicador conforme se reducen las labores de suelo.

Otros factores a calcular por la metodología INSPIA, son los gases efecto invernadero (GEI), determinados a través del indicador Nº 26. Las plantaciones de cultivos permanentes, como el viñedo y el olivar, se caracterizan por su capacidad

de absorber CO₂ de la atmósfera y almacenarlo en sus estructuras vegetales (Lopez-Bellido *et al.*, 2016). Estas declaraciones contrastan con algunas investigaciones que no detectan diferencias significativas con respecto al secuestro de carbono orgánico en capas inferiores en condiciones de clima mediterráneo para la tierra arable de secano en función del manejo de suelo (Melero *et al.*, 2011). Sin embargo, científicamente, se reconoce que mejoras en el manejo del suelo, tales como es el establecimiento de cubiertas vegetales en cultivos permanentes y la reducción de las labores (Lopez-Bellido *et al.*, 2017), aumentan el secuestro de carbono en el suelo (González-Sánchez *et al.*, 2012; 2017; Fraga y Santos, 2018). El indicador N° 26, 'balance de Gases Efecto Invernadero' (GEI), contempla tanto las emisiones secuestradas o emitidas por el suelo a la atmosfera, como las originadas por la realización de las operaciones de cultivo, así como las necesarias para la producción de insumos aplicados. En este sentido, se observa la estrecha relación que hay entre ambos indicadores (N° 16 y N° 26), donde aumentos en el laboreo del 70% para el indicador N° 16, observados desde la cuarta a la quinta campaña al eliminar las cubiertas vegetales, se traducen en incrementos del 63% en el indicador N° 26, que se refiere al balance de GEI. El aumento de este indicador N° 26 puede ser debido a dos elementos. En primer lugar, a las emisiones de CO₂ a la atmosfera por el laboreo del suelo, facilitándose la entrada de aire en su interior y por consiguiente la mineralización del humus, proceso que implica una serie de reacciones de oxidación, generando como principal subproducto el CO₂ y, en segundo lugar, a las emisiones de GEI debidas a la combustión del combustible en las operaciones de cultivo (Tabla III-1). Estas cifras pueden explicarse, gracias al ratio medio de secuestro de Carbono 1,30 Mg ha⁻¹ año⁻¹, establecido por Gonzalez-Sanchez *et al.* (2017), una vez revisada la bibliografía existente con respecto al secuestro de carbono, en olivares, viñedo y almendros con cubiertas vegetales, bajo condiciones de clima mediterráneo.

Los resultados de los indicadores básicos económicos (Tabla III-1), verifican lo anunciado por Pastor *et al.* (2001), así como Fraga y Santos (2018), en cuanto a la rentabilidad de establecer cubiertas vegetales entre calles de cultivos permanentes. La rentabilidad de la explotación viene determinada por los indicadores N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4. En la finca de estudio, durante las cuatro primeras campañas se observa una estabilidad, sin variaciones destacables, en los tres primeros indicadores (N° 1-3). Sin embargo, se observan fluctuaciones más acusadas de dichos indicadores con respecto a la cuarta campaña (Tabla III-1). La escasa variación del indicador 'costes de producción', (indicador N° 3), de la cuarta a la quinta campaña viene como consecuencia de la eliminación química de las cubiertas

realizada en la cuarta campaña, mientras que en la quinta la siega química no se efectúa. En este contexto, se resalta tal y como indica Paustian *et al.* (2016); Fraga y Santos (2018), que la instalación de cubiertas vegetales en cultivos permanentes es una adaptación efectiva en la lucha del cambio climático y de bajo coste económico. Aunque se debe también tener en consideración que, a lo largo de los cuatro años en los que se ha implantado la cubierta en viñedo, el suelo entre calles era sometido a laboreo, previo y posterior a la instalación de cubiertas vegetales, con los consiguientes costes de gasoil que esta labor tiene asociada. Por lo tanto, en este estudio, no se han calculado los costes de cultivo correspondientes a la mera implantación de la cubierta vegetal, es decir, sin contabilizar el laboreo realizado para ninguna de las campañas.

En el aspecto social, la tendencia a la baja analizada por la evolución del indicador Nº 12, 'horas de trabajo por hectárea', indica que la reducción de labores en la explotación facilita que el agricultor disponga de más tiempo para otros aspectos de su vida profesional (formación, etc.) e incluso familiar. Sin embargo, la situación vuelve a revertir de la cuarta a la quinta campaña, aumentando dicho indicador Nº 12 en un 27,9% (Tabla III-1), asociándolo al aumento de laboreo en el suelo que se determina para la última campaña.

La percepción de la satisfacción del agricultor, determinada a través del indicador Nº 13, aumenta a lo largo de las cuatro primeras campañas. En ese período de tiempo, el agricultor confía en la existencia de un margen de mejora con respecto a las prácticas agrícolas que está llevando a cabo, llegando hasta el máximo grado en la campaña cuarta. Sin embargo, la tendencia a la baja, determinada por el descenso del 52,5% de este indicador de la cuarta a la quinta campaña, hace pensar en un cierto grado de pesimismo. Esta caída en la percepción de la satisfacción del agricultor con respecto a las medidas llevadas a cabo en la finca, se debe fundamentalmente al aumento en la percepción de dificultades técnicas encontradas en la gestión de la explotación, y a la incertidumbre propia del sector agrario.

Finalmente, los resultados muestran que la sostenibilidad global de la finca depende de las tres dimensiones. De acuerdo con la metodología INSPIA, una finca se considera sostenible si el índice compuesto final supera valores de 67, al igual que lo hacen otras metodologías como RISE (Häni *et al.*, 2003). Las mejoras realizadas con respecto a la gestión de la finca a lo largo de las cinco campañas muestran un índice global de sostenibilidad de 62,8%; 62,2%; 65,6%; 72,7% y 63,3% (Figura III-3c). Los resultados expresan que el índice compuesto de sostenibilidad mayor se

obtuvo para la campaña 2016/2017 (72,7%), mientras que el más bajo se determinó para las dos primeras temporadas (media 62,5%). En nuestro caso, y debido al aumento de la implementación de algunas BPAs de la primera a la cuarta campaña, se ha conseguido aumentar el Índice Compuesto de Sostenibilidad en un 16,4%, que, si bien, no se trata de un valor óptimo, supone un avance en el desarrollo de la actividad agraria de la finca en favor a la sostenibilidad.

Un estudio de las BPAs realizadas para cada uno de los cultivos implantados en la finca, proporcionaría una evaluación de los niveles de sostenibilidad más detallada y pormenorizada de la sostenibilidad global en la finca.

III-4.2. Grado de implementación de las BPAs

En la finca de estudio, la mayoría de los viñedos están ubicados en pendientes cercanas al 16% según la base de datos SigPac 2018. Por ello, tal y como se indica en la bibliografía (Pastor, 2001; Ibañez, 2011), y como medida de manejo de suelo para mitigar su erosión, el agricultor ha establecido cubiertas vegetales durante las cuatro primeras campañas agrícolas evaluadas (desde la campaña agrícola 2013/2014 a la campaña 2016/2017) (Imagen III-2). En las parcelas de viñedo, se han establecido cubiertas vegetales sembradas de cebada en la época de mayor riesgo de erosión, entre las calles de cultivo, realizando la técnica de aserpiado⁷ en las calles alternas (Imagen III-3 y III-4). Mientras que, en las parcelas de olivar, se ha favorecido el establecimiento de cubiertas espontáneas, durante el mismo período de otoño-invierno, formadas por hierbas procedentes del banco de semillas del propio suelo. En este último cultivo, la vegetación de las cubiertas se deja crecer, hasta que se realiza una selección hacia gramíneas con productos fitosanitarios. Estas cubiertas vegetales se siegan químicamente en la primavera, para evitar competencia de agua y nutrientes con el viñedo, dejando en el centro de la calle, una banda de medio metro de ancho de plantas vivas (ensemillado), que sea capaz de autosembrarse en años sucesivos (Imagen III-5). Todo ello, satisfacía el cumplimiento, en mayor o menor grado, de las tres primeras BPAs, relacionadas con el manejo de suelo, y establecidas en la Tabla II-1 del capítulo anterior: BPA-1 (utilización de restos vegetales sobre el suelo); BPA-2 (distorsión mínima del suelo), aunque previo a la realización del aserpiado se llevan a cabo labores de suelo que faciliten la siembra de la cubierta de cebada en las parcelas de

⁷Aserpiado: la técnica consistente en la formación de piletas u hoyos a lo largo de las calles del viñedo, con el objetivo principal de almacenar el agua de lluvia otoñal e invernal, evitando su escorrentía (IFAPA, 2011).

viñedo con sembradoras convencionales; y BPA-3 (uso de coberturas en cultivos permanentes).



Imagen III-2. Cubiertas vegetales de cebada en parcelas de viñedo. Fuente: Hermanos Jiménez del Pino.



Imagen III-3. Aserpiado entre calles. Fuente: Asociación Española de Agricultura de Conservación. Suelos Vivos.



Imagen III-4. Alternancia de manejos de suelo (aserpiado y cubierta vegetal de cebada) en las parcelas de viñedo. Fuente: Hermanos Jiménez del Pino.



Imagen III-5. Siega química de cubiertas vegetales. Fuente: elaboración propia.

A partir de la campaña agrícola 2017/2018, el agricultor decidió no continuar sembrando cubiertas vegetales entre las líneas de viñedo debido a la dificultad que entrañaba su manejo y a la insuficiente mejora (a su parecer) respecto a los contenidos de materia orgánica. Por otro lado, el agricultor mostraba incertidumbre con respecto al balance hídrico del suelo, pensando que dichas cubiertas pudieran competir con el viñedo, como cultivo principal, por agua y nutrientes, al tratarse de un sistema de cultivo de secano. Asimismo, se indica que la decisión de eliminar las cubiertas se realizó antes de conocer el contenido de materia orgánica de la campaña 2016/2017, en la que se obtuvo el valor más alto (0,8%) con respecto a este indicador (Tabla III-1). En este contexto, se indica que, a pesar de no haber realizado un manejo optimizado del suelo durante los cuatro primeros años de estudio, la acumulación de los restos vegetales de las cubiertas durante ese período, ha originado una degradación de la materia orgánica menor, y por lo tanto valores mayores de este indicador (Nº 19). Con respecto al olivar, no se cambió el manejo de suelo al tratarse fundamentalmente de un sistema de cultivo de regadío. En este sentido, muchos autores destacan los beneficios de las cubiertas vegetales en cultivos permanentes, con respecto a la mejora de la calidad del suelo, al retener humedad y reducir su evaporación (Chen *et al.*, 2007), con respecto al aumento de los contenidos de materia orgánica (Pastor, 2001; García-Díaz *et al.*, 2018; Sastre *et al.*, 2018), en la mitigación del cambio climático por su capacidad de secuestro de carbono atmosférico (Gonzalez-Sanchez *et al.*, 2012; Vicente-Vicente *et al.*, 2016), e incluso en la lucha contra plagas y al reducir el desarrollo de las malas hierbas (Fraga y Santos, 2018). Sin embargo, y en superficies agrícolas ocupadas por viñedo, se anima a la necesidad de seguir investigando cómo estas prácticas, que conducen a una agricultura más sostenible, pueden afectar a la calidad del vino. Pocos son los autores que han investigado la relación de la calidad del vino, aunque algunos como Ibañez *et al.* (2011) y Trigo-Córdoba *et al.* (2015), ya destacan una mayor preferencia de los vinos producidos en suelos cubiertos.

Con respecto a las buenas prácticas relacionadas con los insumos (BPA-10) y su aplicación, e incluso la gestión de los residuos, se indica que el agricultor está cada vez más sensibilizado y tiene un mayor nivel de formación sobre las repercusiones negativas que conllevan al medio ambiente y a la sociedad en general, la no implantación de prácticas agrarias respetuosas con el medioambiente. Realizar un buen uso de los productos fitosanitarios conforme a la estrategia de control integrado de plagas (Directiva 2009/128/CE) (BPA-7), efectuar una fertilización acorde a las deficiencias del suelo y a las exigencias del cultivo (BPA-6), o acometer

una gestión de residuos adecuada (BPA-14; BPA-15), son prácticas agrarias que han demostrado que mejoran el entorno de la biodiversidad de la finca, y la calidad de los recursos naturales necesarios para producir. El aumento del grado de sensibilización del agricultor está directamente relacionado con la formación recibida de cursos, seminarios, congresos etc., calculado por el indicador N° 14 'nivel de formación de agricultor', que muestra un crecimiento del 140% desde la primera hasta la última campaña. Asimismo, la correcta implementación de las prácticas descritas anteriormente repercute directa o indirectamente en los siguientes indicadores: mejoran el N° 5 'productividad del nitrógeno' (aumentando un 1,8% de la primera campaña a la última); el N° 11 'productividad energética' (mejorando un 3,7% hasta la cuarta campaña, y decreciendo un 4,9% de la cuarta a la quinta); el N° 31 'gestión de productos fitosanitarios' (mejora un 425%) a lo largo de las cinco campañas. Mientras que, se observa un descenso en los valores de indicadores tales como: el N° 9 'balance energético' y el N° 10 'eficiencia energética', que disminuyen un 5,15% y un 3% respectivamente de la cuarta a la quinta campaña, lo que refrenda lo apuntado por la AEAC.SV (2017), en cuanto a que los procesos más eficientes energéticamente son los que reducen el consumo de combustible y disminuyen las emisiones de GEI a la atmósfera. Con respecto a los balances del nitrógeno (indicador N° 22) y al 'balance de fósforo' (indicador N° 24), el sistema se encuentra cierta estabilidad en sus valores. En el caso del nitrógeno, el cálculo de valores negativos revela que, todo lo que se aporta como insumo, es consumido en el sistema, y por lo tanto no existe riesgo de contaminación a las aguas limítrofes; además, esto es corroborado por el indicador de 'eficiencia del nitrógeno' (N° 23), que muestra bastante estabilidad desde la primera hasta la cuarta campaña, a partir de la cual desciende más de un 29%. Con respecto al balance de fósforo (indicador N° 24), la poca variabilidad de este indicador junto a los valores medios obtenidos (7,68%), demuestran que durante el período de estudio se ha llevado a cabo una fertilización bastante ajustada a las necesidades del cultivo. En este contexto, es interesante indicar que, aunque el fósforo no es un contaminante preocupante en las condiciones de secano con pH altos (básicos), sí que puede suponer un factor de riesgo para la fauna de los cursos de agua limítrofes del área en estudio, por su condición de macronutriente, al descompensar el desarrollo de algas y fitoplancton que viven en estos hábitats acuáticos (Consejería de Agricultura y Pesca, 2004). Dicha descompensación elevada de nutrientes favorece los procesos de eutrofización, en las superficies en las que se generen arrastres por escorrentía de fósforo adherido con las partículas de suelo. Por ello, una vez más, se justifica la realización de prácticas como el

establecimiento de cubiertas vegetales, que reduzcan la posible escorrentía de suelo hacia los cursos de agua.

Además del aserpiado, o formación de pequeñas pocitas en el suelo entre los líneas de viñedo que aumentan la capacidad de retención de agua de lluvia, el agricultor, al objeto de reducir la longitud de ladera (BPA-13), en la primera campaña decidió colocar unas mallas metálicas de 20 cm x 20 cm, transversales a las cárcavas existentes, y de esta manera reducir la escorrentía superficial de agua. La longitud de ladera es uno de los principales factores que está relacionado con la pérdida de suelo, de ahí la importancia de realizar ciertas medidas, y construir estructuras de retención que minimicen y acorte dicha variable.

Con respecto a las prácticas destinadas al establecimiento de zonas tampón y márgenes multifuncionales a lo largo de los cursos de agua y entre parcelas (BPA-11; BPA-12), el agricultor, aunque lejos de la idoneidad que suponen estas zonas desde el punto de vista, no sólo medioambiental sino agronómico, progresa en cuanto a la puesta en marcha de las mismas. La existencia de cubiertas vegetales vivas, al menos durante la época de otoño-invierno, y el mantenimiento de la vegetación existente adyacente al curso de agua, al guardar la distancia de seguridad en la realización de los tratamientos con fitosanitarios, son actuaciones que mejoran notablemente las practicas descritas. El establecimiento de franjas vegetales longitudinales al arroyo que atraviesa la explotación, repercute directamente en los beneficios medioambientales y agronómicos de la explotación (Marshall y Moonen 2002; Haddaway *et al.*, 2018). Por otro lado, la variada y diversa vegetación que forma parte de estas bandas mejora los rendimientos de la plantación, al favorecerse la polinización, e incrementarse la población de depredadores y parasitoides de plagas (Marshall y Moonen 2002), además de proporcionar zonas refugio (Helps, 1997), e incluso ofrecer zonas idóneas para localizar colmenas (Carr y Bell, 1991). Sin embargo, mientras que Marshall y Moonen, (2002) indican que los márgenes multifuncionales contribuyen a la producción sostenible, otros como Haddaway *et al.* (2018) sugieren investigar más con respecto a los conflictos que puedan acontecer entre los objetivos ambientales cuando se requieran altas producciones.

III-5.CONCLUSIONES

Después de evaluar la sostenibilidad agrícola de la finca, "Lagar Cañada Navarro" durante cinco campañas con la metodología INSPIA, la principal conclusión de este

capítulo es que se ha constatado la aplicabilidad de INSPIA y su correcto funcionamiento en campo.

- Se ha confirmado en campo la validez del diseño de la metodología INSPIA, dado que, a mayor número de buenas prácticas agrarias aplicadas en campo, mayor valor de los indicadores de sostenibilidad (básicos, agregados e índice). De igual manera, se observa que la disminución de los valores de los indicadores básicos de la finca, se asocia a un grado de implementación de las buenas prácticas agrarias inferior. Por ello, el estudio del grado de implementación de las mismas a través de los indicadores básicos de INSPIA, medioambientales, sociales y económicos, ofrece una hoja de ruta bastante aproximada con las buenas prácticas agrarias que deben realizarse con mayor grado en la finca.
- Una mayor implementación de prácticas agrarias en la finca, especialmente las relacionadas con el manejo de suelo, ha mejorado el grado de sostenibilidad de la explotación, y por consiguiente de su índice compuesto INSPIA de sostenibilidad.
- La aplicación de la metodología INSPIA facilita en gran medida la toma de decisiones de los agricultores, haciéndoles más conscientes de sus debilidades y sobre todo de sus potencialidades.
- Se ha demostrado en campo el interés por parte de agricultores de las buenas prácticas agrarias, ya que en la finca seleccionada ha sido sensible a la implementación de la mayoría de las buenas prácticas agrarias sugeridas en INSPIA. No obstante, el agricultor ha mostrado un menor interés en las relacionadas con el manejo de suelo.
- Dado el carácter tradicional de la actividad agrícola, no se deben esperar cambios repentinos y bruscos con respecto al grado de implementación de las buenas prácticas agrarias. Estos movimientos a favor de una mayor sostenibilidad agraria deben ir acompañados de una formación continua y correcta difusión de los avances conseguidos.
- La aplicación de la metodología INSPIA y su veracidad con respecto a las buenas prácticas agrarias se consideran alineadas con el actual marco en políticas agrarias y medioambientales, en las que los requerimientos ambientales del agricultor están siendo cada vez más exigentes.

III-6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbona, E.A., Sarnadón, S.J., Marasas, M.E., Astier, M., 2007. Ecological sustainability evaluation of traditional management in different vineyard systems in Berisso, Argentina. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 119, 335-345.
- Asociación Española de Agricultura de Conservación-Suelos Vivos, 2017. Beneficios de la Agricultura de Conservación en un entorno de Cambio Climático. AEAC.SV, España. Disponible en: <http://www.agriculturadeconservacion.org/index.php/descargas/informes> (acceso en 21/01/2019).
- Basch, G., Kassam, A., González-Sánchez, E.J., Streit, B., 2012. Making Sustainable Agriculture Real in CAP 2020: The role of Conservation Agriculture. ECAF, 2012.
- Bockstaller, C., Girardin, P., van der Werf, H.M.G., 1997. Use of agro-ecological indicators for the evaluation of farming systems. *European Journal of Agronomy* 7, 261-270.
- Bohanec, M., Cortet, J., Griffiths, B., Znidarsic, M., Debeljak, M., Caul, S., Thompson, J., Krogh, P.H., 2007. A qualitative multi-attribute model for assessing the impact of cropping systems on soil quality. *Pedobiologia* 51, 239-250.
- Brundtland, H., 1987. Hartem. Brundtland. Informe Brundtland.
- Carr, S.N., Bell, M., 1991. Practical Conservation: Boundary Habitats. Hodder and Stoughton, Londres, 127 pp.
- Chen, S.Y., Zhang, X.Y., Pei, D., Sun, H.I., Chen, S.L., 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: field experiments on North China plain. *Annals of Applied Biology* 150, 261-268.
- Colnenne-David, C., Grandeau, G., Jeyffroy, M.H., Dore, T., 2017. Ambitious environmental and economic goals for the future of agriculture are unequally achieved by innovative cropping systems. *Fields Crops Research* 210, 114-128.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2016. El Sector Agrario y Pesquero en Andalucía. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Datos%20sector%20agrario%20y%20pesquero%202016-1.pdf> (acceso en 18/02/2019).
- Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, 2017. El sector del vino andaluz en cifras. Secretaria General de Agricultura y Alimentación. Consejería

de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios_informes/17/11/El_sector_del_vino_andaluz_en_cifras_SEE.pdf (acceso en: 21/12/2018).

- Consejería de Agricultura y Pesca, 2004. Suelo, Riego, Nutrición y Medio Ambiente del olivar. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165053SUELOx_RIEGO_Y_NUTRICION_OLIVAR.pdf (acceso en 21/01/2019).
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2011. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/> (acceso en 14/12/2018).
- Craheix, D., Angevin, F., Bergez, J.E., Bockstaller, C., Colomb, B., Guichard, L., Reau, R., Doré, T., 2012. MASC 2.0. un outil d'évaluation multicritère pour estimer la contribution des systèmes de culture au développement durable. *Innovations Agronomiques* 20, 35-48.
- DeVetter L.W., Dilley, C.A., Nonnecke, G.R., 2015. Mulches Reduce Weeds, Maintain Yield, and Promote Soil Quality in a Continental-Climate Vineyard. *American Journal of Enology and Viticulture* 6, 54-64.
- Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 octubre 2009 por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0128&from=ES> (acceso en 19/01/2019).
- FAO, 2009. How to Feed the World? High-level expert forum. Global Agriculture towards 2050. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf (acceso en 12/12/2018).
- FAO, 2016. The Sustainable Development Agenda. Disponible en: www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/en/ (acceso en 11/10/2018).
- Fernández-Ugalde, O., Virto, I., Bescansa, P., Imaz, M.J., Enrique, A., Karlen, D.L., 2009. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil and Tillage Research* 106(1):29-35.

- Fraga, H., Santos, J.A., 2018. Vineyard mulching as a climate change adaptation measure: Future simulations for Alentejo, Portugal. *Agricultural Systems* 164, 107-115.
- García-Díaz, A., Marqués, M.J., Sastre, B., Bienes, R., 2018. Labile sand stable soil organic carbon and physical improvements using groundcovers in vineyards from central Spain. *Science of Total Environment* 321, 387-397.
- González-Sánchez, E.J., Ordoñez-Fernández, R., Carbonell-Bojollo, R., Veroz-González, O., Gil-Ribes, J.A., 2012. Meta-analysis on atmospheric carbon capture in Spain through the use of Conservation Agriculture. *Soil and Tillage Research*, 122, 52-60.
- González-Sánchez, E.J., Kassam, A., Basch, G., Streit, B., Holgado-Cabrera, A., Triviño-Tarradas, P., 2016. Conservation Agriculture and its contribution to the achievement of agri-environmental and economic challenges in Europe. *AIMS Agriculture and Food*, 1(4): 387-408.
- González-Sánchez, E.J., Moreno-García, M., Kassam, A., Holgado-Cabrera, A., Triviño-Tarradas, P., Carbonell-Bojollo, R., Pisante, M., Veroz-González, O., Basch, G., 2017. Conservation Agriculture: Making Climate Change Mitigation and Adaptation Real in Europe. ECAF, Bruselas. Disponible en: <http://www.ecaf.org/inaction/news/item/60-a-major-new-research-study-in-favour-of-conservation-agriculture> (acceso en 29/08/2018).
- Haddaway, N.R., Brown, C., Eales, J., Eggers, S., Josefsson, J., Kronvang, B., Randall, N.P., Uusi-Kämpä, J., 2018. The multifunctional roles of vegetated strips around and within agricultural fields. *Environmental Evidence* 7, 14.
- Häni, F., Braga, F., Stämpfli, A., Keller, T., Fischer, M., Porsche, H., 2003. RISE, a tool for Holistic Sustainability assessment at the farm level. *International Food and Agribusiness Management Review*. International Food and Agribusiness Management Association (IAMA). Vol 6-number 4.
- Hansen, J.W., 1996. Is agricultural sustainability a useful concept? *Agricultural Systems*, 50(2), 117-143.
- Helps, M.B., 1997. Field margins-an agricultural perspective. In Boatman, N.D. (Ed), *field Margins: Integrating Agriculture and Conservation*. BCPC Monograph No 58. British Crop Protection Council, Farnham, UK, pp. 21-30.

- Hinojosa-Rodríguez, A., Parra-López, C., Carmona-Torres, C., Sayadi, S., 2014. Protected Designation of Origin in the Olive Growing Sector: Adoption Factors and Goodness of practices in Andalusia, Spain. *New mediterranean* 13(3), 2-12.
- Ibañez, S., Pérez, J.L., Peregrina, F., García-Escudero, E., 2011. Utilización de cubiertas vegetales en viñedos de la DOP. Rioja (España). *Le Bulletin de l'OIV*, 84: 347-360.
- IFAPA, 2011. Instituto de Formación Agraria y Pesquera. Boletín trimestral de información al regante Nº 18. Consejería de Agricultura y Pesca, 2011. Disponible en: [file:///C:/Users/Paula%20Trivi%C3%B1o/Downloads/Boletin%20IFAPA18%20Abril Junio 2011 18.pdf](file:///C:/Users/Paula%20Trivi%C3%B1o/Downloads/Boletin%20IFAPA18%20Abril%20Junio%202011%2018.pdf) (acceso en 15/01/2019).
- INE, 2009. Disponible en: https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&menu=ultiDatos&idp=1254735727106 (acceso en 12/12/2018).
- Juwana, I., Muttill, N., Perera, B.J.C., 2012. Indicator-based water sustainability assessment-A review. *Science of the Total Environment*, 438, 357-371.
- Kassam, A., Basch, G., Friedrich, T., Gonzalez, E., Triviño, P., Mkomwa, S., 2017. Mobilizing greater crop and land potentials sustainably. *Hungarian Geographical Bulletin*, 66, 1-9.
- Lamastra, L., Balderacchi, M., Guardo, A.Di., Monchiero, M., Trevisan, M., 2016. A novel fuzzy expert system to assess the sustainability of the viticulture at the wine-estate scale. *Science of the Total Environment*, 572, 724-733.
- Lichtfouse, E., Navarrete, M., Debaeke, P., Souchère, V., Alberola, C., Menassieu, J., 2009. Agronomy for Sustainable Agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 1-6.
- Lopez-Bellido, P.J., Lopez-Bellido, L., Fernandez-Garcia, P., Muñoz-Romero, V., Lopez-Bellido, F.J., 2016. Assessment of carbon sequestration and the carbon footprint in olive groves in Southern Spain. *Carbon Management* 7, 161-170.
- Lopez-Bellido, R.J., Muñoz-Romero, V., Fuentes-Guerra, R., Fernandez-Garcia, P., Lopez-Bellido, L., 2017. No-till: A key tool for sequestering C and N in microaggregates on a Mediterranean Vertisol. *Soil and Tillage Research* 166, 131-137.
- MAPAMA, 2017. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Estadísticas Agrarias y de Alimentación. Disponible en:

<https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica/2017/default.aspx?parte=3&capitulo=13> (acceso en 12/12/2018).

- MAPAMA b, 2017. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Encuesta sobre superficies y rendimientos de cultivos 2017. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2017sm_tcm30-455983.pdf (acceso en 17/10/2018).
- Marchand, F., Debruyne, L., Triste, L., Gerrard, C., Padel, S., Lauwers, L., 2014. Key characteristics for tool choice in indicator-based sustainability assessment at farm level. *Ecology and Society*, 19(3), Art. 46.
- Marshall, E., Moonen A., 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89(1):5-21.
- Martínez-Raya, A., Francia, J.R., Martínez-Vilela, A., 2007. Introducción a la agricultura de conservación en olivar. Evaluación del comportamiento de los sistemas de manejo de suelo. Cubiertas vegetales en olivar. (Ed.) Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, España.
- Melero, S., López-Bellido, R.J., López-Bellido, L., Muñoz-Romero, V., Moreno, F., Murillo, J.M., 2011. Long-term effect of tillage, rotation and nitrogen fertilizer on soil quality in a Mediterranean Vertisol. *Soil and Tillage Research* 114, 97-107.
- Meul, M., Van Passel, S., Nevens, F., Dessen, J., Rogge, E., Mulier, A., Van Hauwermeire, A., 2008. MOTIFS: a monitoring tool for integrated farm sustainability. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 321-332.
- Orden 3 de mayo de 2016 (BOJA 89 de 12 de mayo 2016), por la que se emite decisión favorable en relación a la solicitud de aprobación de una modificación del pliego de condiciones de la denominación de origen protegida 'Montilla-Moriles'. Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2016. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/V_DO_MONTILLA_-_MORILES.pdf (acceso en 01/01/2019).
- Paracchini, M.L., Bulgheroni, C., Borreani, G., Tabacco, E., Banterle, A., Bertoni, D., De Paola, C., 2015. A diagnostic system to assess sustainability at a farm level: The SOSTARE model. *Agricultural Systems*, 133, 35-53.
- Pardo-Calle, C., Segovia-González, M.M., Paneque-Macías, P., Espino-Gonzalo, C., 2011. An approach to zoning in the wine growing regions of "Jerez-Xérez-

Sherry" and "Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda" (Cádiz, Spain). Spanish Journal of Agricultural Research 9(3), 831-843.

- Pastor, M., Castro, J., Humanes, M.D., Muñoz, J., 2001. Sistemas de Manejo de Suelo en Olivar de Andalucía. Edafología 8, 75-98.
- Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P., 2016. Climate-smart soils. Nature 532, 49-57.
- Peano, C., Tecco, N., Dansero, E., Girgenti, V., Sottile, F., 2015. Evaluating the sustainability in complex agri-food systems: The SAEMETH framework. Sustainability, 7(6), 6721-6741.
- Prosdocimi, M., Cerdà, A., Tarolli, P., 2016. Soil water erosion on Mediterranean vineyards: A review. Catena 141, 1-21.
- Ruiz-Colmenero, R., Bienes, R., Eldridge, D.J., Marquez, M.J., 2013. Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in central Spain. Catena 104, 153-160.
- Santiago-Brown, I., Metcalfe, A., Jerram, C., Collins, C., 2015. Sustainability Assessment in Wine-Grape Growing in the New World: Economic, Environmental, and Social Indicators for agricultural Businesses. Sustainability, 7, 8178-8204.
- Sastre, B., Marquez, M.J., García-Díaz, A., Bienes, R., 2018. Three years of management with cover crops protecting sloping olive groves soils, carbon and water effects on gypsiferous soil. Catena, 171, 115-124.
- SigPac Junta de Andalucía, 2018. Disponible en :<http://ws128.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/sigpac/index.xhtml> (acceso en 15/01/2019).
- Trigo-Córdoba E., Bouzas-Cid, Y., Orriols-Fernández, L., Díaz-Losada, E., Mirás-Avalos, J., 2015. Influence of cover crops treatments on the performance of a vineyard in a humid region. Spanish Journal of Agricultural Research 13, (4). 12pp.
- Triviño-Tarradas, P., Gomez-Ariza, M.R., Basch, G., Gonzalez-Sanchez, E.J., 2019. Sustainability Assessment of Annual and Permanent Crops: The Inspia Model. Sustainability 11 (3), 738. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su11030738> (acceso en 26/02/2019).
- Vicente-Vicente, J.L., García-Ruiz, R., Francaviglia, R., Aguilera, E., Smith, P., 2016. Soil carbon sequestration rates under Mediterranean Woody crops using

recommended management practices: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 235; 2014-214.

- Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., García-Cidad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenir, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, B., Wauters, E., Peeters, A., 2007. SAFE_A hierarchical framework for assessing sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 120, 229-242.
- Zahm, F., Viaux, P., Vilain, L., Girardin, P., Mouchet, C., 2008. Assessing farm sustainability with the IDEA method- from the concept of agriculture sustainability to case studies of farms. *Sustainable Development*, 16, 271-281.

CAPITULO IV.

Estudio de mejoras en el proceso de secado-pasificación de la uva en las paseras para la elaboración de vino dulce Pedro Ximénez

CAPITULO IV. Estudio de mejoras en el proceso de secado-pasificación de la uva en las paseras para la elaboración de vino dulce Pedro Ximénez

IV-1. INTRODUCCIÓN

La variedad de uva predominante en la Denominación de Origen Protegida (DOP) 'Montilla-Moriles' es la Pedro Ximénez. Esta variedad de uva se caracteriza por su fina piel y su alto contenido en azúcares. La precoz maduración del fruto en la zona de la DOP, junto con el adecuado tipo de suelo hacen que los caldos obtenidos en el marco sean de alta calidad, tal y como se justifica en el pliego de condiciones de la DOP. 'Montilla-Moriles' (Orden 3 de mayo de 2016).

En la elaboración del mosto para vino dulce se necesita la uva desecada, la uva pasa. Una vez pasificada o desecada, la uva es llevada al lagar, donde se realiza el proceso de elaboración del vino. Normalmente, las pasas son presionadas por una estrujadora especial, pues dispone de unas moledoras de rodillos acanalados que por presión radial facilitan la obtención del mosto, y posteriormente son aplastadas por prensas horizontales obteniéndose un caldo de primera calidad. Una vez realizada la primera prensada, los orujos se someten a otra segunda, con prensas hidráulicas. El mosto procedente de ambas prensas se mezcla, añadiéndole un 9% de alcohol vínico y, dejándose posteriormente desfangar en depósitos de decantación. Tras varios días de decantación estática, el producto se trasiega a otros envases de acero inoxidable, para separar el vino limpio de las materias sólidas depositadas en el fondo.

Posteriormente, el producto final resultante es recogido y destinado a crianza o vendido a otras bodegas de crianza, fundamentalmente en Jerez o Málaga, como producto intermedio para la elaboración de vinos generosos de licor. La crianza oxidativa a la que se somete el mosto se realiza en barricas de roble americano. Este tipo de crianza oxidativa es un envejecimiento en madera de roble o castaño, pero sin la protección de velo de flor. El vino destinado a crianza debe permanecer en la barrica durante un mínimo de dos años. La calidad de estos vinos dulces, al igual que en los generosos, depende notablemente del lugar origen de las cepas, así como de la edad de las mismas. Por ejemplo, la delicada finura proviene de los viñedos ubicados en alberos, con más de 25 años de edad (Pedro Ximénez, 2018). Otros factores tales como el tipo de envase, la clase de madera en la que se han envejecido y las condiciones ambientales de la bodega durante la crianza, influyen también en la calidad de estos vinos dulces singulares, (Díaz-Alonso y López-Alejandro, 1989).

IV-1.1. Proceso de pasificación de la uva Pedro Ximénez

La uva es uno de los frutos más perecederos que existe, por ello, a través de su deshidratación, se permite prolongar su vida para su posterior consumo (Laborde *et al.*, 2015), a la vez que proporcionarle de un alto valor nutricional (Bennett *et al.*, 2011). Los procesos de deshidratación implican una reducción en peso y volumen, que puede conllevar diferentes beneficios como son el ahorro en los costes de transporte, almacenamiento y envasado, así como la facilidad de disponer del producto durante todo el año. En el caso de la variedad característica de la zona de la DOP, la variedad Pedro Ximénez, las pasas de uva se obtienen por el tradicional método de sobremaduración mediante la exposición directa al sol del fruto cortado, es decir un secado natural denominado "asoleo", especificado en el pliego de condiciones de la DOP. 'Montilla-Moriles' (Orden 3 de mayo de 2016). El método de asoleo o exposición del fruto al sol es el método de deshidratación de uva comúnmente utilizado en las regiones vitícolas mediterráneas (Figueiredo-González *et al.*, 2013), y requiere un control cuidadoso del producto en la pasera para la posterior elaboración de vinos dulces (Ruiz *et al.*, 2014). La exposición al sol de la variedad Pedro Ximénez es la base para la obtención de un mosto de calidad para elaborar el vino dulce en la DOP. 'Montilla-Moriles' (Serratosa *et al.*, 2012; Peinado *et al.*, 2013). Este procedimiento comienza extendiendo los racimos en el suelo de las fincas, sobre unas capachetas de esparto de aproximadamente 1 m de radio (Imagen IV-1) o unas mallas de plástico de aproximadamente 1 m de ancho y longitud variable, denominadas 'paseras', donde se van volteando manualmente los racimos de uva hasta conseguir un secado uniforme y una pasificación homogénea (Triviño-Tarradas *et al.*, 2012; Ruiz *et al.*, 2014). El tiempo de exposición al sol de los racimos en las paseras dependerá fundamentalmente de las condiciones meteorológicas que acontezcan (López de Lerma *et al.*, 2014; Ruiz *et al.*, 2014). La efectividad del asoleo o método de secado depende de varios parámetros externos como son: la radiación solar, la temperatura ambiente y la humedad relativa entre otros, así como de otros internos, tales como el contenido de humedad inicial, el producto a secar en sí y la masa de producto por unidad de área expuesta al sol (Kooli *et al.*, 2007). Algunos autores coinciden que este procedimiento de secado de uva puede ser largo y requiere grandes extensiones para llevarse a cabo (Constantinou *et al.*, 2018).

Estos métodos de pasificación de uva tradicionales a la intemperie, o secado al sol, conllevan algunos riesgos debido a las inclemencias meteorológicas que puedan acontecer durante el tiempo de exposición, pudiendo causar cambios de color, sabor, valores nutricionales, pudrimientos por ataques de hongos, infección por insectos y polvo entre otros (Pangavhane y Sawhney, 2002; Valero *et al.*, 2008;

Belessiotis y Delyannis, 2011; Ruiz-Bejarano *et al.*, 2016). Algunos autores han querido superar algunas de las dificultades mencionadas, y evitar los riesgos meteorológicos, estudiando métodos artificiales de secado de frutos, tales como Mustafa *et al.* (2016), en melones; Gudiño-Ayala y Calderón-Topete (2014) en piñas; Venkatesan y Arjunan (2014) en calabazas; e incluso Lingayat *et al.* (2017), con láminas de plátano, para obtener un producto desecado sin polvo y sin ningún otro indicio contaminante. La bibliografía anterior muestra que el secado y la deshidratación del producto se pueden acelerar con éxito, pero esta aceleración del proceso comporta mayores costes en su procesado (Serratos *et al.*, 2008; Belessiotis y Delyannis, 2011). Otros ensayos para la aceleración del secado de uvas Pedro Ximénez mediante cámaras a elevadas temperaturas han resultado inaceptables para los consumidores, por su falta de aromas, sabor e incluso color del mosto producido (Ruiz *et al.*, 2010; Serratos *et al.*, 2012; Ruiz-Bejarano *et al.*, 2016).

De la bibliografía revisada, se destaca la escasa existencia de estudios sobre mejoras técnicas, económicamente viables, para el secado de la uva y la obtención de uva pasa, y más aún, que hayan tenido en consideración la cantidad de producto a pasificar para su posterior manipulación en campo y elaboración del vino dulce. Por ello, si bien en el sector vitivinícola y de la enología se han producido numerosos avances con la aplicación de nuevas tecnologías, el proceso de pasificación de la uva ha permanecido igual durante siglos (Peinado *et al.*, 2013), salvo en los materiales utilizados donde se han incorporado algunos más actuales.



Imagen IV-1. Paserade Montilla en 1940. Fuente: Juan Portero Laguna.

Algunas prácticas recomendables a tener en cuenta antes de comenzar con el asoleo de la uva son: el deshojado, para favorecer la aireación y la insolación del fruto, evitando enfermedades potenciales y acelerando el proceso de secado; así como, la selección de racimos sanos, y maduros, producto de una selectiva vendimia manual que asegure una mayor calidad (Karunaraja *et al.*, 2017), aligerados y poco densos, de uvas de pequeño tamaño, que faciliten la deshidratación de los mismos. Por ello, se desprecia la uva procedente de terrenos, en los haya sido regada, ya que normalmente implica un tamaño mayor, y un mayor riesgo de rotura de piel o cutícula. Asimismo, y como regula el pliego de condiciones de la DOP. 'Montilla-Moriles', el transporte de uvas para proceder al asoleo será en cajas de una capacidad máxima de 20 kg, al objeto de facilitar su manejo y evitar daños en la piel que perjudicarían el asoleado del fruto (Orden 3 de mayo de 2016).

Con respecto a las características orográficas y de orientación en la selección de los terrenos para instalar las paseras, se indica que éstos deben poseer ligeras pendientes para evitar la acumulación de agua de lluvia si ésta acontece, y estar orientados al sur para favorecer la insolación de los frutos. Algunos autores como Constantinou *et al.* (2018) coinciden que estos procedimientos tradicionales de secado pueden ser largos y requerir grandes extensiones para ser llevados a cabo. Por ello, proponen realizar ensayos con bastidores verticales y paredes inclinadas orientadas al sur como alternativas a la pasificación tradicional.

IV-2. OBJETIVOS

Los objetivos de este capítulo son los siguientes:

- Realizar una comparativa de diferentes propuestas de procedimientos de secado y pasificación de uvas Pedro Ximénez para la DOP. 'Montilla-Moriles'.
- Plantear y proponer mejoras técnicas que faciliten el proceso de secado-pasificación y la obtención de las uvas pasas para la elaboración del vino dulce, reduciendo los riesgos existentes que tiene el proceso de pasificación.
- Caracterizar las propiedades organolépticas y físico-químicas del mosto de uvas pasas obtenido mediante diferentes técnicas de secado de uva, elaborando unos test de cata que permitan su comparación objetiva según los métodos tradicionales y los propuestos.

IV-3. MATERIAL Y MÉTODOS

IV-3.1. Materiales

Los materiales empleados en la realización de los ensayos fueron:

- Balanza digital Mettler Toledo BD 1201.
- Areómetro Baumé: aparato que mide los grados Baumé. Escala muy utilizada en la industria agroalimentaria y vitivinícola. La fórmula de conversión de grados Baumé y densidad es la siguiente:
Densidad = $144,32 / (144,32 - \text{º Baumé})$, es decir a mayores densidades mayores graduaciones.
Densidad expresada en gr/cm³
Grados Baumé (º)
- Hidrómetro digital Hanna, que mide la densidad del mosto estimando así el contenido en azúcar remanente.
- Congelador.
- Probetas de 250 cm³.
- Termómetro centígrado 0-50 °C.
- Botes de plástico de 750 cm³.

IV-3.2. Metodología

Los ensayos se realizaron durante dos años consecutivos, 2000 y 2001 en las instalaciones de los Herederos de D. Luis del Pino, en Montalbán (Córdoba). En cada una de estas anualidades se estudiaron técnicas diferentes para proceder al asoleo de la uva Pedro Ximénez en la elaboración de vinos dulces.

Los ensayos realizados durante la segunda anualidad tuvieron en cuenta los resultados y orientaciones obtenidos en las experiencias previas con respecto a la pasificación de la uva (primera anualidad). Incluso, se descartaron de los nuevos ensayos, sistemas que no ofrecieron resultados prometedores con respecto al sistema tradicional. Por ello, en este capítulo se presentan los resultados de forma cronológica.

En primer lugar, se detallan los resultados obtenidos de los ensayos realizados en campo en cada anualidad, y posteriormente, los análisis realizados en laboratorio para dichos ensayos.

En todas las experiencias se controló la temperatura ambiental máxima y mínima, así como la humedad ambiente, a lo largo del periodo de duración de los ensayos.

IV-3.2.1. Descripción de las instalaciones y ubicación de los ensayos

Las instalaciones industriales de los Herederos de D. Luis del Pino Nieto se encuentran dentro del área urbana del municipio de Montalbán (Córdoba), ocupando una superficie aproximada de 8.800 m² (Figura IV-1).

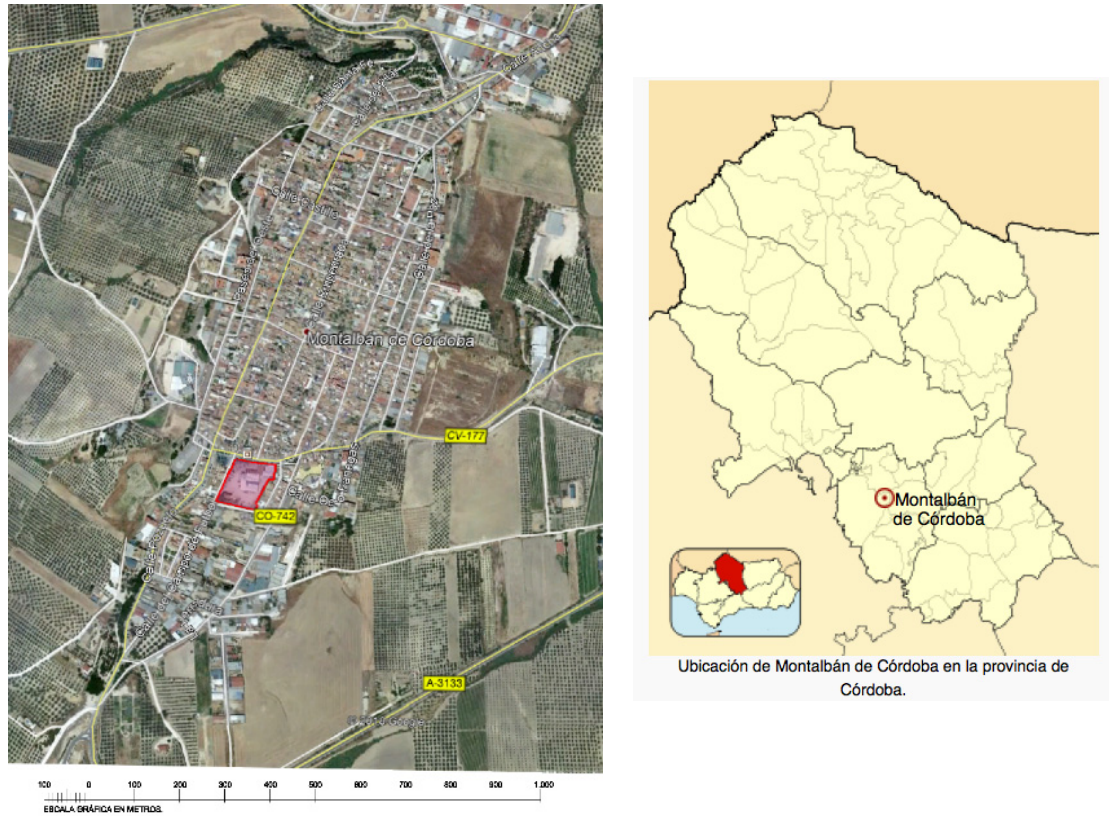


Figura IV-1. Croquis de situación de las instalaciones en Montalbán. Fuente: Google Maps y Wikipedia.

La ficha que describe dichas instalaciones aparece en la Tabla IV-1.

Tabla IV-1. Descripción instalaciones Herederos Luis del Pino.

Localidad:	Montalbán de Córdoba
Fecha de Construcción:	1.979
Fecha de reforma	1.985
Edificios y obra civil nueva	
Tolva de recepción:	Sí dispone.
Nave de elaboración:	Con seis prensas horizontales de 20 hl y cuatro prensas hidráulicas para Pedro Ximénez.

Zona de Fermentación:	Posee nave de fermentación con conos de hormigón y depósitos de acero inoxidable que sirven para el almacenamiento del vino Pedro Ximénez.
Zona de crianza:	No dispone.
Servicios y administración:	Sí tiene. Incluye zona de laboratorio
Silos de almacenamiento de orujos:	No dispone.
Trujales para piquetas alcohólicas:	No dispone.
Características constructivas de las instalaciones	
Estructura de pilares:	Muros de mampostería.
Estructura de cubierta:	De madera en algunas naves y en otras metálicas.
Aislamiento en cubierta:	Teja árabe sobre rasillón.
Solera de nave:	Solera de hormigón.
Cerramiento de nave:	Muros de mampostería.
Carpintería:	Madera y metálica.
Paramentos interiores:	Enfoscado y pintados a la cal.
Características técnicas de la maquinaria instalada	
Capacidad:	4.560 hl.
Sinfin de tolva:	Sí, simple.
Estrujadora:	De rodillos.
Despalilladora:	No dispone.
Bomba de vendimia:	No dispone.
Prensas:	Tiene seis horizontales de 20 hl, y cuatro hidráulicas.
Depósitos de Fermentación:	42 conos de hormigón, 2 depósitos de acero inoxidable y 4 depósitos de poliéster.
Depósitos de crianza:	No dispone.

En las instalaciones de Montalbán, se producen vinos finos y dulces. La uva se recepcionaba y se prensaba en una primera fase por una serie de prensas horizontales. Posteriormente, en otra fase, se prensaba con unas prensas hidráulicas que procuraban un segundo aprieto al fruto, originándose finalmente el mosto. El mosto producido se guardaba en una nave de almacenamiento en las mismas instalaciones, donde existían unas tinajas de hormigón, denominadas 'conos' en la zona de Montilla-Moriles. La nave de almacenamiento, guardaba en sí dos depósitos de acero inoxidable de 60.000 l, y cuatro depósitos de poliéster de 16.000 l de capacidad.

En nuestros ensayos, las paseras se ubicaron en el patio de las instalaciones (Figura IV-2).



Figura IV-2. Zona de extensión de paseras y lagar en las instalaciones de Montalbán. Fuente: Google Earth y elaboración propia.

IV-3.2.1.1. Ensayos de campo primera anualidad

Durante la primera anualidad (septiembre 2000), se sometieron las uvas al asoleo para su transformación a uvas pasas en las instalaciones descritas anteriormente, en cinco métodos (sistemas) de pasificación diferentes con el objetivo de compararlos entre sí y determinar posibles mejoras técnicas al método tradicional. A continuación, se describen dichos sistemas:

Sistema 1 (S_{EM}): Extendido de la uva sobre malla de plástico (M), elevada del suelo unos 8 cm (E), mediante perfiles metálicos de sección rectangular.

Con este método se intentó por un lado aislar la uva del suelo, para evitar la humedad continua en caso de lluvia, y por otro, favorecer la circulación del aire alrededor de los racimos extendidos (Imagen IV-2).



Imagen IV-2. Sistema 1 (S_{EM}). Malla de plástico elevada del suelo.
(Experiencias primera anualidad). Fuente: elaboración propia.

Sistema 2 (S_{EMIP}): Se trata del mismo sistema anterior, el S_M , pero bajo una estructura de invernadero (I), con cubierta de plástico (P) a dos aguas, para evitar que los frutos a pasificar se mojen en caso de precipitaciones. Las dos aguas evitaran la acumulación de agua en el exterior, así como el agua de condensación en el interior, favoreciendo su eliminación (Imágenes IV-3a y b).



Imágenes IV-3a y IV-b. Sistema 2 (S_{EMIP}). Malla de plástico elevada del suelo, cubierta bajo invernadero. (Experiencias primera anualidad).Fuente: elaboración propia.

Sistema 3 (S_M): Sistema tradicional de malla de plástico extendida directamente sobre el suelo, sin cubrir (Imagen IV-4).



Imagen IV-4. Sistema 3 (S_M). Sistema tradicional de malla de plástico.

(Experiencias primera anualidad). Fuente: elaboración propia.

Sistema 4 (S_{MP}): Es el mismo sistema tradicional de malla de plástico S_M con cubierta de plástico colocada directamente sobre el fruto (Imágenes IV-5a y b).



Imágenes IV-5a y IV-5b. Sistema 4 (S_{MP}). Sistema tradicional de malla de plástico, con cubierta de plástico colocada directamente sobre el fruto. (Experiencias primera anualidad). Fuente: elaboración propia.

Sistema 5 (S_C): Extendido sobre chapa metálica (C) galvanizada lisa de aproximadamente 0,7 mm de espesor, apoyada directamente sobre el suelo, sin cobertura. (Imagen IV-6).



Imagen IV-6. Sistema 5 (S_C). Chapa lisa, apoyada directamente sobre el suelo, sin cubrición. (Experiencias primera anualidad). Fuente: elaboración propia.

Se trata pues de cuatro variaciones del sistema tradicional, que combinan distintos parámetros como son el material soporte de apoyo del fruto, su elevación, o la instalación de un sistema de cubierta.

Los ensayos de esta anualidad tuvieron la misma superficie de extensión, 3 m^2 (3 m de longitud por 1 m de anchura) y, en ellas se extiende la misma cantidad de uva, aproximadamente de $18\text{-}20 \text{ kg/m}^2$.

Los diferentes sistemas de asoleo evaluados (1, 2, 3, 4 y 5) se identificaron con la siguiente nomenclatura: S_{EM} , S_{EMIP} , S_M , S_{MP} y S_C . Realizándose tres repeticiones por sistema, en diferentes fechas, al objeto de tener en cuenta la variada meteorología que pueda acontecer durante la época normal de la pasera. Estas repeticiones se reconocieron como 1^a-2^a-3^a extensión. Por ello, cada muestra tomada poseía dos elementos identificativos, el sistema: S_{EM} , S_{EMIP} , S_M , S_{MP} , S_C y el número de extensión 1^a-2^a-3^a. Donde 'E' implica el uso de sistema elevado 8 cm; 'C' alude a la utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' refleja en uso de invernadero; y 'P' utilización de cobertura de plástico sin perforar.

En la Tabla IV-2, se indican las fechas correspondientes al extendido y recolección de racimos de uva para la primera anualidad. De igual modo, se reflejan en la Tabla IV-3, las fechas en las que se llevaron a cabo la toma de datos de los ensayos de campo para cada una de las extensiones.

Para conformar las muestras a analizar posteriormente en laboratorio, los racimos de uva se fueron cogiendo a lo largo de toda la pasera de forma arbitraria, para conseguir la mayor uniformidad posible.

Tabla IV-2. Fechas de extendido de las uvas y recolección, primera anualidad.

Nº Extensión	Fecha extendido de uva	Fecha recolección pasas
1ª	5-09	11-09
2ª	11-09	17-09
3ª	19-09	28-09

Tabla IV-3. Fechas de los muestreos de campo de cada prueba, primera anualidad.

Nº extensión	1º muestreo	2º muestreo	3º muestreo	4º muestreo
1ª	5-09	6-09	8-09	11-09
2ª	11-09	12-09	14-09	17-09
3ª	19-09	23-09	28-09	

Los muestreos se realizaron durante el período normal de asoleo de la uva en la zona de la denominación de origen (mes de septiembre), desde la extensión de fruto hasta su recolección una vez convertidos en pasas. En campo, se controló la temperatura ambiental máxima y mínima de cada día, al igual que la humedad relativa y el peso de 1 kg. de uva en cada sistema y extensión. Asimismo, se controló la graduación Baumé en cada muestra, como variable usual del mosto (Pardo-Calle *et al.*, 2011).

IV-3.2.1.2. Ensayos de campo segunda anualidad

Durante la segunda anualidad (septiembre 2001) se ensayaron los sistemas de pasificación cuyas mejoras con respecto a la elevación, sistema de cobertura y soporte, habían aportado resultados prometedores con respecto al sistema tradicional, en cuanto a la aceleración del proceso de pasificación, y a su transformación en azúcares durante la anualidad previa, desechando aquellos otros,

que ofrecieron resultados más desfavorables. Estos sistemas nuevos intentaron profundizar en el estudio del factor "cobertura con invernadero", ya que, para la primera anualidad ofreció resultados prometedores con respecto al testigo, el método tradicional de asoleo (S_M).

El sistema tradicional de asoleo siempre fue la referencia, y a parte, se ensayaron otros nuevos como: la utilización de una chapa metálica trapezoidal apoyada en el suelo, sobre la que se colocaba la malla de plástico (para evitar el contacto directo de las uvas con la chapa), con tres tipos de cubiertas de plástico, que se describen a continuación:

- a) Plástico sin perforar sobre invernadero (IP), con los extremos abiertos.
- b) Plástico perforado sobre invernadero (IPp), con los extremos abiertos.
- c) Plástico perforado (Pp) directamente sobre las uvas.

En esta ocasión, de todos los sistemas se realizaron dos repeticiones, a excepción del tradicional (S_M), por lo que de cada una se obtuvo una muestra para su análisis (A y B). Al igual que en la primera anualidad, se controló en campo la temperatura máxima y mínima de cada día de asoleo, y la humedad ambiental relativa.

Asimismo, se tomaron muestras de uvas pasas con distinto número de días de asoleo para los diferentes sistemas. Se prensaron todas en la misma pequeña prensa de acero inoxidable preparada para tal fin, en el lagar de las instalaciones en Montalbán.

Para evitar que las muestras se contaminaran con el plástico del bote, se optó por recoger el mosto en botellas de vidrio de 1 litro de capacidad. Posteriormente, se adicionó alcohol al mosto de las botellas y se decantó en frío, sin congelar. El procedimiento de desfangado⁸ se realizó en botellas blancas de vidrio. Se controló la densidad del mosto de cada muestra. Una vez realizado el proceso de desfangado, el mosto se traspasó a botellas negras de vidrio, de 3/4 de litro de capacidad, que fueron congeladas y guardadas en cajas, para ser transportadas hasta un segundo laboratorio donde se volvió a analizar el nivel de azúcares para corroborar los datos obtenidos en Montalbán.

Los métodos de secado estudiados durante la segunda anualidad fueron los siguientes:

⁸ El procedimiento de desfangado consiste en eliminar las partículas sólidas en suspensión, dejando reposar los mostos durante un tiempo determinado, lo que origina que por decantación se depositen estas sustancias.

Sistema 1 (S_M): Sistema tradicional de asoleo, en el cual se extendieron los racimos de uvas sobre una malla de plástico apoyada directamente sobre el suelo. (Imagen IV-7).



Imagen IV-7. Sistema 1 (S_M). Tradicional de asoleo. (Experiencias segunda anualidad).

Fuente: elaboración propia.

Sistema 2 (S_{CMIP}): Sistema de asoleo compuesto por chapa metálica trapezoidal, malla tradicional e invernadero con plástico sin perforar. Se trató de un invernadero a dos aguas, cuya altura en los apoyos laterales del invernadero es de 20 cm, ocupando la extensión total de la pasera. Dicho invernadero se encontraba abierto por sus extremos para favorecer la aireación en el mismo. (Imágenes IV-8a y b).



Imágenes IV-8a y IV-8b. Sistema 2 (S_{CMIP}). Chapa, malla tradicional e invernadero con plástico sin perforar. (Experiencias segunda anualidad). Fuente: elaboración propia.

Sistema 3 (S_{CMIPD}): Sistema de asoleo compuesto por chapa metálica trapezoidal, malla tradicional e invernadero con plástico perforado. De igual manera, se trató de un invernadero a dos aguas, cuyas dimensiones son similares al caso anterior. (Imágenes IV-9a y b).



Imágenes IV-9a y IV-9b. Sistema 3 (Chapa, malla tradicional e invernadero con plástico perforado). (Experiencias segunda anualidad). Fuente: elaboración propia.

Sistema 4 (S_{CMPPD}): Sistema de asoleo compuesto por chapa metálica trapezoidal, malla tradicional y plástico perforado apoyado directamente sobre los racimos de uvas. (Imágenes IV-10a y b).



Imágenes IV-10a y IV-10b. Sistema 4 (S_{CMPPD}). Chapa, malla tradicional y plástico perforado apoyado directamente sobre las uvas. (Experiencias segunda anualidad). Fuente: elaboración propia.

Las paseras de la segunda anualidad ocupaban una superficie de 6 m². (6 m de longitud y un metro de anchura), el doble de superficie de la primera anualidad.

Los diferentes sistemas de asoleo descritos y evaluados se identificaron con la siguiente nomenclatura: S_{CMIP}, S_{CMIPPP} y S_{CMPPP} a parte del sistema tradicional, S_M. Cada una de las pruebas se duplicó, denominándose a los resultados: A y B. Asimismo, se realizaron tres extensiones, reconocidas como 1^a-2^a-3^a y diferenciadas en la fecha de extensión y tiempo de exposición. Por tanto, cada muestra tomada poseía cuatro elementos identificativos, el sistema: S_M, S_{CMIP}, S_{CMIPPP} y S_{CMPPP}; la extensión 1^a-2^a-3^a; la duplicidad A-B; y finalmente la fecha concreta de toma de la muestra.

Las fechas correspondientes al extendido y recolección de racimos para la segunda anualidad quedan reflejadas en la Tabla IV-4. De igual modo, se reflejan en la Tabla IV-5, las fechas en las que se llevaron a cabo los muestreos de campo de cada una de las repeticiones.

Tabla IV-4. Fechas de extendido y recolección de uvas, segunda anualidad.

Nº extensión	Fecha extendido de uva	Fecha recolección pasas
1 ^a	27-08	02-09
2 ^a	03-09	10-09
3 ^a	10-09	17-09

Tabla IV-5. Fechas de los muestreos de campo de cada extensión, segunda anualidad.

Nº Extensión	1^{er} muestreo	2^o muestreo	3^{er} muestreo
1 ^a	27-08	29-08	02-09
2 ^a	03-09	06-09	10-09
3 ^a	10-09	14-09	17-09

IV-3.2.2. Ensayos de laboratorio en ambas anualidades

Los ensayos de laboratorio tuvieron lugar en una primera fase en las instalaciones de los Herederos de D. Luis del Pino Nieto en el TM de Montalbán, ya que dichas instalaciones industriales poseen un lagar propio, capaz de recepcionar y prensar las uvas pasas.

No obstante, en las instalaciones industriales de Montalbán se construyó una pequeña prensa manual de acero inoxidable, al objeto de prensar las pequeñas

muestras recogidas de uvas ya pasificadas de estas experiencias. De estas pequeñas prensas se obtenían las muestras de 750 cm³ de mosto, que se guardaban en botes de plástico con cierre hermético para su posterior análisis.

A parte de los ensayos en el laboratorio de las propias instalaciones, parte de las muestras se congelaron y se transportaron hasta un segundo laboratorio que llevaría a cabo nuevos análisis de densidad y de evolución de azúcares para corroborar los resultados.

Los procesos de asoleo ensayados en la primera anualidad fueron:

- 1) S_{EM}: Asoleo sobre superficie elevada.
- 2) S_{EMIP}: Asoleo en invernadero elevado.
- 3) S_M: Asoleo tradicional.
- 4) S_{MP}: Asoleo bajo cobertura de plástico.
- 5) S_C: Asoleo sobre chapa metálica lisa sin cubrir.

Y la segunda anualidad:

- 1) S_M: Asoleo tradicional.
- 2) S_{CMIP}: Asoleo sobre chapa metálica trapezoidal e invernadero con plástico sin perforar.
- 3) S_{CMIPPP}: Asoleo sobre chapa metálica trapezoidal en invernadero con plástico perforado
- 4) S_{CMPPP}: Asoleo sobre chapa metálica trapezoidal y cobertura con plástico perforado apoyado directamente sobre los racimos.

En las instalaciones de Montalbán se introdujo el mosto obtenido de cada muestra en una botella de vidrio de litro para proceder al desfangado, para lo cual se añadía 160 ml de alcohol, y se depositaba en el frigorífico hasta conseguir su decantación.

Posteriormente, el mosto desfangado se traspasó a otras botellas de vidrio negras de 3/4 l de capacidad, donde fueron guardadas hasta que se procedió a realizar los análisis organolépticos en el segundo laboratorio de análisis.

IV-4. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación, se exponen los resultados obtenidos en los dos laboratorios, de las muestras tomadas de los ensayos de campo.

IV-4.1. Primera anualidad

IV-4.1.1. Ensayos realizados en laboratorio ubicado en el campo de experimentación en Montalbán

En la Tabla IV-6, se presentan los datos de humedad ambiental, temperatura mínima y máxima, así como de precipitación de cada día en los que se recogieron muestras. Los resultados del contenido en azúcares, medidos en grados Baumé, de las muestras para los cinco sistemas de asoleo estudiados en cada una de las tres extensiones se indican en la Tabla IV-7.

Tabla IV-6. Evolución de la humedad (%), temperatura (máx y mín) y precipitación (mm).

Nº extensión y día		Humedad (%)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm)
1ª	5-09	45	20	36	0
1ª	6-09	55	20,8	34,4	0
1ª	7-09	44	18,8	35,5	0
1ª	8-09	49	17,8	34,5	0
1ª	9-09	50	18,2	30	0
1ª	10-09	54	17,2	32,9	0
1ª	11-09	57	19,1	31,2	0,4
1ª	Medias (Humedad y Tª)	50,6	18,8	33,5	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	0,4
2ª	11-09	57	19,1	31,2	0,4
2ª	12-09	77	19,1	23,1	0,2
2ª	13-09	70	17,7	27,3	0
2ª	14-09	63	15,5	31,1	0
2ª	15-09	58	15,6	32,8	0
2ª	16-09	57	18,7	33,1	0
2ª	17-09	63	19,4	30,4	0
2ª	Medias (Humedad y Tª)	63,6	17,9	29,8	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	0,6
3ª	19-09	62,4	16	23,2	0
3ª	20-09	62,5	19,6	26,4	1,2
3ª	21-09	84,3	16,1	30,2	23,7
3ª	22-09	82,1	18	33	0
3ª	23-09	72,8	17	31,4	0
3ª	24-09	62,2	18,9	31,8	0
3ª	25-09	60	18	36	0
3ª	26-09	53,6	15,3	31,4	0
3ª	27-09	62,7	13,5	32	0
3ª	28-09	69	15,5	26,6	0
3ª	Medias (Humedad y Tª)	67,16	16,8	30,2	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	24,9

La primera extensión se llevó a cabo en la primera decena de septiembre, cuando las temperaturas fueron más altas que en las decenas posteriores, y con menor humedad. La última extensión se realizó en la última decena de septiembre con mayor humedad, debido a las precipitaciones acaecidas, y temperaturas mínimas más bajas, que en las extensiones anteriores.

Tabla IV-7. Variación del nivel de azúcares (° Baumé) en las tres extensiones.

Nº extensión y día		S _{EM}	S _{EMIP}	S _M	S _{MP}	S _C
		° Baumé	° Baumé	° Baumé	° Baumé	° Baumé
1ª	5-09	15,8	15,8	15,8	15,8	15,8
1ª	6-09	17,6	17,8	17,1	16	16,2
1ª	8-09	20,2	21,8	21,2	22,1	21,5
1ª	11-09	25,1	31	30,5	31,2	29,5
Incremento 1ª		9,3	15,2	14,7	15,4	13,7
2ª	11-09	13,8	13,8	13,8	13,8	13,8
2ª	12-09	16	17,3	15,8	18,1	17,3
2ª	14-09	21,5	19,7	27,1	22,2	20,2
2ª	17-09	28,5	32,7	29,4	29,8	29,7
Incremento 2ª		14,7	18,9	15,6	16	15,9
3ª	19-09	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
3ª	23-09	18,5	18,4	18,2	18,1	18,7
3ª	28-09	24,4	25,6	28,7	26,7	25,8
Incremento 3ª		11,9	13,1	16,2	14,2	13,3
Incremento Medio		11,97	15,73	15,5	15,2	14,3

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Analizando el incremento de grados Baumé que se alcanza durante la extensión, se observa que, en todos los sistemas excepto en el tradicional, se alcanzaron los mayores incrementos en la segunda extensión; mientras que el sistema tradicional lo alcanza en la tercera extensión. El sistema S_{ME} destaca por sus peores resultados con respecto a los incrementos de grados Baumé en cualquiera de sus tres extensiones. En contraposición, el sistema S_{EMIP} es el que ofrece un incremento medio de grados Baumé más elevado (especialmente para la segunda extensión). Cualquiera de los sistemas con cobertura origina resultados prometedores especialmente para extensiones realizadas a temperaturas suaves y con humedad.

Si analizamos los incrementos medios de cada sistema, el elevado con invernadero es el que alcanza mayores incrementos, seguido del tradicional, y el que menos el elevado con malla.

En las Tablas IV-8 y IV-9, se muestra el incremento diario de azúcares medido en grados Baumé, así como el incremento medio diario (en ° Baumé), de las muestras recogidas de uva según el método de pasificación.

Tabla IV-8. Variación en los incrementos diarios (solo primer día) de los niveles de azúcares (° Baumé).

Nº extensión	S_{EM}	S_{EMIP}	S_M	S_{MP}	S_C
1ª	1,8	2	1,3	0,2	0,4
2ª	2,2	3,5	2	4,3	3,5
3ª	1,5	1,47	1,42	1,4	1,55
Media	1,83	2,32	1,57	1,97	1,82

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Tabla IV-9. Variación en los incrementos medios diarios de los niveles de azúcares (° Baumé).

Nº extensión	S_{EM}	S_{EMIP}	S_M	S_{MP}	S_C
1ª	1,55	2,53	2,45	2,56	2,28
2ª	2,45	3,15	2,6	2,66	2,65
3ª	1,32	1,45	1,8	1,58	1,48
Media	1,77	2,38	2,28	2,27	2,14

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8 cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Si tenemos en cuenta el incremento tras un día de extensión, o el incremento diario tras toda la extensión, se observa que en todos los sistemas fue mayor en la segunda extensión, donde las temperaturas fueron un poco más suaves, con menos diferencias entre máximas y mínimas, siendo el elevado con invernadero y plástico el mayor, mientras que el elevado con malla fue el menor; lo que sigue ocurriendo si tomamos las medias de las tres extensiones.

Una vez analizados los incrementos diarios del nivel de azúcares en las muestras durante el primer día de asoleo, así como durante todo el proceso de exposición al sol, se observa que es el S_{EMIP}, seguido del S_M y del S_{MP} los sistemas que, de media, elevan más la concentración de azúcares con los días de asoleo. Obteniéndose los peores resultados en las muestras recogidas en el S_{EM}. Del mismo modo, de la observación de la Tabla IV-8, en la que se alude simplemente al incremento en el nivel de azúcares producido durante el primer día de asoleo, vuelve a destacar el

S_{EMIP} , como sistema que más azúcares genera el primer día, teniendo el S_M el peor comportamiento con respecto a este parámetro.

IV-4.1.2. *Ensayos realizados en el segundo laboratorio de análisis sobre las muestras congeladas*

1) Grado Baumé y densidad

Los resultados obtenidos de grados Baumé y de densidades quedan expuestos en las Tablas IV-10 y IV-11 respectivamente.

Tabla IV-10. Evolución de azúcares ($^{\circ}$ Baumé) según sistemas de asoleo y extensiones, primera anualidad.

Nº extensión y día		S_{EM}	S_{EMIP}	S_M	S_{MP}	S_C
1ª	5-09	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
	6-09	16,5	17,5	16,4	16,9	16,6
	8-09	19,1	22,2	22,3	22,4	21,9
	11-09	25,3	30,0	27,4	27,9	28,9
1ª	Incremento	9,1	13,8	11,2	11,7	12,7
2ª	12-09	17,3	18,3	16,5	18,95	19,4
	14-09	21,8	24,7	22,4	21,2	20,45
	17-09	24,6	31,5	26,5	28,5	31,7
2ª	Incremento	7,3	13,2	10	9,55	12,3
3ª	19-09	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
	23-09	13,2	13,6	17,0	14,7	18,8
	28-09	24,4	31,8	26,7	21,6	24,8
3ª	Incremento	11,3	18,7	13,6	8,5	11,7
Incremento medio		9,2	15,2	11,6	9,9	12,2
Valor medio grados Baumé (último día de asoleo)		24,8	31,1	26,9	26	28,5

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Los períodos de tiempo de asoleo son distintos para cada una de las extensiones: la 1ª fue de 6 días, la 2ª de 3 días y 3ª de 9 días. Para cada uno de los ensayos se comprueba que existe un incremento del contenido en azúcares a medida que aumenta el tiempo de asoleo de las muestras. A continuación, se ordenan de mayor a menor los cinco métodos de asoleo estudiados, respecto al incremento de azúcares alcanzado al final del proceso, identificándose en ellos los rangos (valor mínimo y máximo) y valor medio de dicho incremento.

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consiguen valores de (13,2-18,7) y 15,2 $^{\circ}$ Baumé.
- 2º S_C (Chapa metálica) con (11,7-12,7) y 12,2 $^{\circ}$ Baumé.

- 3º S_M (Tradicional) con (10-13,6) y 11,6 ° Baumé.
- 4º S_{MP} (Bajo plástico) con (8,5-11,7) y 9,9 ° Baumé.
- 5º S_{EM} (Superficie elevada) con (9,1-11,3) y 9,2 ° Baumé.

Esta misma ordenación se cumple si se considera el valor medio de azúcar obtenido el último día de asoleo:

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consigue 31,1 ° Baumé.
- 2º S_C (Chapa metálica) con 28,5 ° Baumé.
- 3º S_M (Tradicional) con 26,9 ° Baumé.
- 4º S_{MP} (Bajo plástico) con 26 ° Baumé.
- 5º S_{EM} (Superficie elevada) con 24,8 ° Baumé.

Los mayores incrementos en el contenido de azúcares se obtienen durante la 3ª extensión, al tratarse de un período de tiempo de asoleo mayor que para la 1ª y 2ª extensión, para los sistemas: S_{EM}, S_{EMIP} y el S_M; no ocurriendo lo mismo para los sistemas: S_{MP} y S_C.

Asimismo, se resalta el sistema S_{EMIP} como el que más contenido en azúcares transforma en las tres extensiones, ya que incluso en la 2ª extensión, de menor número de días de asoleo, ofrece un contenido en azúcares mayor que los demás métodos en las extensiones de mayor número de días de asoleo.

Tabla IV-11. Evolución de la densidad (g/l) del mosto de uva pasa según sistemas de asoleo, primera anualidad.

Nº extensión y día		S _{EM}	S _{EMIP}	S _M	S _{MP}	S _C
1ª	5-09	1121	1121	1121	1121	1121
	6-09	1123	1135	1126	1125	1124
	8-09	1149	1180	1180	1182	1180
	11-09	1220	1257	1236	1234	1254
1ª	Incremento	99	136	115	113	133
2ª	11-09	1131	1142	1126	1148	1151
	12-09	1176	1207	1183	1171	1166
	14-09	1200	1260	1219	1247	1247
2ª	Incremento	69	118	93	99	96
3ª	19-09	1101	1101	1101	1101	1101
	23-09	1101	1103	1131	1111	1148
	28-09	1208	1261	1227	1182	1210
3ª	Incremento	107	160	126	81	109
Incremento medio		92	138	111	97	113
Valor medio densidad (último día de asoleo)		1209	1259	1227	1221	1237

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Del estudio de las densidades en los cinco métodos de asoleo se observa que ésta se incrementa también con el tiempo de asoleo de las muestras. No obstante, en algunos sistemas este incremento es más acusado que en otros. A continuación, se ordenan de mayor a menor los métodos estudiados, respecto al incremento de densidad alcanzado al final del proceso, identificándose en ellos los rangos (valor mínimo y máximo) y valor medio de dicho incremento.

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consiguen valores de (118-160) y 138 g/l.
- 2º S_C (Chapa metálica) con (96-133) y 113 g/l.
- 3º S_M (Tradicional) con (93-126) y 111 g/l.
- 4º S_{MP} (Bajo plástico) con (81-113) y 97 g/l.
- 5º S_{EM} (Superficie elevada) con (69-107) y 92 g/l.

Esta misma ordenación se cumple si se considera el valor medio de densidad obtenido el último día de asoleo:

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consigue 1259 g/l.
- 2º S_C (Chapa metálica) con 1237 g/l.
- 3º S_M (Tradicional) con 1227 g/l.
- 4º S_{MP} (Bajo plástico) con 1221 g/l.
- 5º S_{EM} (Superficie elevada) con 1209 g/l.

Se observa, que los ordenamientos de los cinco sistemas de pasificación con respecto a las densidades, coinciden con los obtenidos en el estudio de los grados Baumé, anteriormente referido. Asimismo, y de igual manera que ocurrió en el estudio del contenido de azúcares, se observa que para los sistemas; S_{EM} , S_{EMIP} y S_M , es durante la 3ª extensión cuando se logran los mayores incrementos con respecto a la densidad, ya que el tiempo de asoleo es mayor que para la 1ª y 2ª extensión; mientras que para los sistemas S_{MP} y S_C , es la 1ª extensión donde se alcanzan los valores más elevados de densidades.

Nuevamente es el S_{EMIP} , el método de pasificación que alcanza mayores densidades en las tres extensiones, ya que, incluso en la 2ª, de menor número de días de asoleo, ofrece valores superiores a los obtenidos con los restantes métodos.

2) Azúcares Totales

Se observa que los valores de azúcares totales aumentan a medida que transcurre el tiempo de asoleo en las muestras, hecho normal, debido a la deshidratación del grano de uva y a la consecuente concentración de sus constituyentes. En la Tabla IV-12, se expresan los resultados obtenidos de azúcares totales (g/l), mientras que en la Tabla IV-13 se identifican los incrementos en azúcares totales (g/l) según los métodos de asoleo estudiados.

Tabla IV-12. Evolución del contenido en azúcares totales (g/l) del mosto de uva pasa según sistemas de asoleo, primera anualidad.

Nº extensión y día		S _{EM}	S _{EMIP}	S _M	S _{MP}	S _C
1ª	5-09	294	294	294	294	294
	6-09	297	325	295	298	305
	8-09	366	416	404	410	406
	11-09	458	536	478	472	507
1ª	Incremento	164	242	184	178	213
2ª	11-09	324	329	297	358	334
	12-09	409	433	382	415	376
	14-09	463	528	485	506	549
2ª	Incremento	139	199	188	148	215
3ª	19-09	240	240	240	240	240
	23-09	248	260	310	243	327
	28-09	459	558	505	396	460
3ª	Incremento	219	318	265	156	220
Incremento medio		174	253	212	161	216
Valor medio azúcares totales (último día de asoleo)		460	541	489	458	505

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

De la observación de esta última tabla, se observa que el S_{EMIP} es de nuevo el método con el que se consiguen aumentar más los azúcares totales, y que de la misma manera que los parámetros anteriormente estudiados, aumenta su valor con el paso de días de asoleo.

A continuación, se ordenan de mayor a menor los cinco sistemas con respecto al incremento en el contenido de azúcares totales obtenido al final del proceso, identificándose en ellos los rangos (valor mínimo y máximo) y valor medio de dicho incremento.

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consiguen valores de (199-318) y 253 g/l.
- 2º S_C (Chapa metálica) con (213-220) y 216 g/l.
- 3º S_M (Tradicional) con (184-265) y 212 g/l.
- 4º S_{EM} (Superficie elevada) con (139-219) y 174 g/l.
- 5º S_{MP} (Bajo plástico) con (148-178) y 161 g/l.

Esta misma ordenación se cumple si se considera el valor medio del contenido de azúcares totales obtenido el último día de asoleo:

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) en el que se consigue 541 g/l.
- 2º S_C (Chapa metálica) con 505 g/l.
- 3º S_M (Tradicional) con 489 g/l.
- 4º S_{EM} (Superficie elevada) con 460 g/l.
- 5º S_{MP} (Bajo plástico) con 458 g/l.

Para los sistemas: S_{EM}, S_{EMIP}, S_M y S_C, es la 3ª extensión, con mayor número de días de asoleo (9 días), la que alcanza valores de azúcares totales más elevados. Sin embargo, el S_{MP} no sigue este mismo comportamiento, alcanzándose su máximo valor en la 1ª extensión (6 días).

A continuación, se estudian los incrementos medios diarios con respecto a los azúcares totales para cada sistema en cada extensión (Tabla IV-13), teniendo en cuenta que la 1ª extensión disfrutó de 6 días de asoleo, la 2ª de 3 y la 3ª de 9 días.

Tabla IV-13. Incrementos medios diarios de los contenidos de azúcares totales (g/l) según sistemas de asoleo, primera anualidad.

Extensión	S _{EM}	S _{EMIP}	S _M	S _{MP}	S _C
1ª	27,33	40,33	30,66	29,66	35,5
2ª	46,33	66,33	62,66	49,33	71,66
3ª	24,33	35,33	29,44	17,33	24,44
Media	32,66	47,33	40,92	32,10	43,86

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8 cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Del análisis de la tabla anterior, se observa que al igual que para la evolución de los tres parámetros anteriormente estudiados, grado Baumé, densidades y contenido

en azúcares totales, vuelve a ser el S_{EMIP} , el método de pasificación donde se incrementaron más los contenidos de azúcares con el transcurso de los días de asoleo. A continuación, se ordenan los sistemas ensayados de mayor a menor con respecto al valor medio diario de incremento en el contenido en azúcares totales:

- 1º S_{EMIP} (Invernadero) con 47,33 g/l.
- 2º S_C (Chapa metálica) con 43,86 g/l.
- 3º S_M (Tradicional) con 40,92 g/l.
- 4º S_{EM} (Superficie elevada) con 32,66 g/l.
- 5º S_{MP} (Bajo plástico) con 32,10 g/l.

De estos resultados, se observa que ha sido el S_{EMIP} el que aumentó más la concentración de azúcares totales con los días de exposición al sol. Mientras que el que peor resultados obtuvo fue el S_{MP} .

IV-4.1.3. Interpretación de resultados- primera anualidad

Anteriormente, se han expuesto los resultados obtenidos en la primera anualidad en el laboratorio de Montalbán (Tabla IV-7) y en el segundo laboratorio de análisis (Tabla IV-10). Por ello, en la siguiente Tabla IV-14 se comparan los valores obtenidos en los dos laboratorios (1 y 2) en los que se ha trabajado, para las tres extensiones.

Tabla IV-14. Estudio comparativo de los valores correspondientes a los Grados Baumé, primera anualidad. (1) Resultados del laboratorio de Montalbán y (2) resultados del segundo laboratorio de análisis.

Extensión y día	S_{EM}		S_{EMIP}		S_M		S_{MP}		S_C		
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
1	5-09	15,8	16,2	15,8	16,2	15,8	16,2	15,8	16,2	15,8	16,2
	6-09	17,6	16,5	17,8	17,5	17,1	16,4	16	16,9	16,2	16,6
	8-09	20,2	19,1	21,8	22,2	21,2	22,3	22,1	22,4	21,5	21,9
	11-09	25,1	25,3	31,0	30,0	30,5	27,4	31,2	27,9	29,5	28,9
2	11-09	13,8	S.D	13,8	S.D	13,8	S.D	13,8	S.D	13,8	S.D
	12-09	16	17,3	17,3	18,3	15,8	16,5	18,1	18,95	17,3	19,4
	14-09	21,5	21,8	19,7	24,7	27,1	22,4	22,2	21,2	20,2	20,45
	17-09	28,5	24,6	32,7	31,5	29,4	26,5	29,8	28,5	29,7	31,7
3	19-09	12,5	13,1	12,5	13,1	12,5	13,1	12,5	13,1	12,5	13,1
	23-09	18,5	13,2	18,4	13,6	18,2	17	18,1	14,7	18,7	18,8
	28-09	24,4	24,4	25,6	31,8	28,7	26,7	26,7	21,6	25,8	24,8

S.D Sin dato. Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8 cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; y 'P' es con cobertura de plástico sin perforar.

Para facilitar la comprensión de los ensayos realizados esta primera anualidad, se extraen los valores medios de los grados Baumé correspondientes a las tres extensiones para cada sistema de asoleo, al inicio, a la mitad y al finalizar el proceso de asoleo, despreciando el testigo en la primera extensión (primer valor en el primer día), y con la utilización de los valores medios resultantes de los datos de ambos laboratorios (Tabla IV-15).

Tabla IV-15. Valores medios de los grados Baumé (°), primera anualidad.

	Al inicio del asoleo	A mitad del proceso de asoleo	Al finalizar el asoleo
S _{EM}	15,5	19,05	25,38
S _{EMIP}	16,08	20,06	30,43
S _M	15,23	21,36	28,20
S _{MP}	15,92	20,11	27,61
S _C	15,85	20,25	28,40

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8 cm; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

De la tabla anterior, se deduce que vuelve a ser el S_{EMIP} el que tiene un comportamiento más favorable con respecto al contenido en azúcares, tanto al inicio del periodo de asoleo, como a la mitad, o, lo que es más relevante, al final del proceso de pasificación del fruto.

No obstante, hasta ahora tan sólo se trata de datos obtenidos en la primera anualidad, por lo que no pueden sacarse resultados concluyentes, la eficacia de cada sistema en particular varía notablemente según las condiciones de temperatura y humedad, lo que hace variar la concentración y pasificación de los granos de uva. Se destaca la notable pérdida de eficacia de los sistemas S_{EM} (elevada) y S_{MP} (tradicional bajo plástico), en la tercera extensión, cuando acontecieron temperaturas bajas y humedades más altas, e incluso hubo 0,3 mm de precipitación el primer día de asoleo.

Los resultados medios alcanzados en la tercera extensión son más desfavorables, consiguiéndose los mejores valores en la primera y segunda extensión.

A continuación, en la Tabla IV-16 se muestra el ranking de los sistemas ordenados de mejor a peor (según $^{\circ}$ Baumé), al inicio, mitad y final del periodo de asoleo, con respecto a los valores observados en la Tabla IV-15.

Tabla IV-16. Ordenación de los sistemas de pasificación en el periodo de asoleo.

	Al inicio del asoleo	A mitad del proceso de asoleo	Al finalizar el asoleo
S_{EM}	Cuarto	Quinto	Quinto
S_{EMIP}	Primero	Cuarto	Primero
S_M	Quinto	Primero	Tercero
S_{MP}	Segundo	Tercero	Cuarto
S_C	Tercero	Segundo	Segundo

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'E' implica el uso de un sistema elevado 8 cm.; 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Asimismo, se detallan algunas observaciones:

- El S_C (chapa metálica) es un sistema de asoleo eficaz cuando existen altas temperaturas, tal y como se observó en la primera extensión.
- El S_{EMIP} (invernadero) es el método de asoleo que mejores resultados ofrece cuando las condiciones son adversas (mayor humedad por eventos de lluvia y menor temperatura). Con la instalación de las paseras bajo invernadero, se pueden obtener los resultados deseados cuando los años sean lluviosos y con elevada humedad ambiente, en comparación con otros métodos de pasificación. Asimismo, el S_{EMIP} es el que mejor resultado proporcionó cuando el número de días de asoleo fue más elevado, es decir una vez transcurrido el periodo considerado de asoleo.
- El S_{MP} (tradicional bajo plástico directamente sobre el fruto), no responde de la misma forma que el sistema que utilizó el invernadero (S_{EMIP}), ya que la humedad de condensación impide o reduce la evaporación, mucho más cuando la humedad ambiente es alta y la temperatura baja, condiciones acaecidas en la tercera extensión.
- No es aconsejable distanciar la malla del suelo (S_{EM}), puesto que se elimina la influencia del calor que éste realiza sobre los frutos.

A continuación, se indican las propuestas de mejora extraídas de la primera anualidad, algunas de las cuales se llevaron a cabo al año siguiente:

- De manera general, es necesario hacer varias repeticiones de cada prueba.
- Probar diversas variantes del invernadero, tales como:
 - Eliminar la elevación de la malla soporte del fruto.
 - Trabajar con plásticos perforados.
 - Utilizar chapa como soporte.
 - Reducir la altura del plástico.
- Eliminar los sistemas que tuvieron resultados desfavorables durante los ensayos realizados la primera anualidad, tales como el S_{MP} (tradicional bajo plástico) y el S_{EM} (superficie elevada).
- Estudio organoléptico del mosto procedente de cada sistema

El trabajo realizado durante esta primera anualidad supuso un notable avance en el conocimiento de la evolución de la uva durante el proceso de pasificación para la elaboración de vino dulce. Por ello, se destaca la importancia de realizar una cata organoléptica en futuros estudios similares.

IV-4.2. Segunda anualidad

En la primera anualidad se observó que los sistemas con cobertura podían ofrecer resultados prometedores al proceso de pasificación de la uva Pedro Ximénez. Por ello, durante la segunda anualidad se procedió al estudio de diferentes coberturas, junto con la utilización de chapa como soporte, despreciando los sistemas elevados que durante la anualidad anterior no procuraron indicios de mejoras para la desecación de la uva, y volviendo a hacer tres extensiones para tener en cuenta los parámetros ambientales del momento de realización de la pasera.

IV-4.2.1. Ensayos realizados en laboratorio ubicado en el campo de experimentación en Montalbán

De igual modo que en la anualidad precedente, se indica la evolución de parámetros meteorológicos ambientales correspondientes a humedad, temperatura máxima y mínima, y precipitación recogidos durante los días de las tres extensiones (Tabla IV-17), así como media de la radicación solar.

Tabla IV-17. Evolución de la humedad (%), temperatura (máx y mín), precipitación (mm) y media de la radiación solar (MJ/m²/día).

Nº extensión y día		Humedad (%)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Precipitación (mm)	Media de la Radiación solar (MJ/m ² /día)
1ª	27-08	52	20,40	36,60	0	-
1ª	28-08	55	21,00	33,00	0	-
1ª	29-08	57	19,40	32,60	0	-
1ª	30-08	48	18,20	33,20	0	-
1ª	31-08	45	17,20	34,50	0	-
1ª	1-09	45	17,60	35,20	0	-
1ª	2-09	45	19,40	35,00	0	-
1ª	Medias (Humedad y Tª)	49,57	19,03	34,3	-	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	0	-
1ª	Media de la Radiación solar	-	-	-	-	22,68
2ª	3-09	49	21,00	35,40	0	-
2ª	4-09	48	20,00	34,50	0	-
2ª	5-09	56	20,00	33,80	0	-
2ª	6-09	49	19,80	31,20	1,3	-
2ª	7-09	49	18,40	34,00	0	-
2ª	8-09	44	19,20	35,60	0	-
2ª	9-09	37	16,60	37,00	0	-
2ª	10-09	53	17,80	31,60	0,2	-
2ª	Medias (Humedad y Tª)	48,12	19,1	34,1	-	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	1,5	-
2ª	Media de la Radiación solar	-	-	-	-	21,58
3ª	10-09	53	17,80	31,60	0,2	-
3ª	11-09	53	18,20	32,60	0	-
3ª	12-09	47	16,00	32,40	0	-
3ª	13-09	46	15,60	33,20	0	-
3ª	14-09	47	15,20	34,00	0	-
3ª	15-09	43	15,40	35,20	0	-
3ª	16-09	52	19,60	35,20	0	-
3ª	17-09	67	20,60	31,00	0	-
3ª	Medias (Humedad y Tª)	51	17,3	33,15	-	-
	Precipitación acumulada	-	-	-	0,2	-
3ª	Media de la Radiación solar	-	-	-	-	19,55

Se observan escasas variaciones entre las temperaturas y humedades de las extensiones, siendo éstas ligeramente más bajas en la tercera extensión.

En la Tabla IV-18, se indican los resultados obtenidos del nivel de azúcares (grado Baumé), para los cuatro métodos de asoleo, teniendo en cuenta las repeticiones de los ensayos en campo y por tanto la duplicidad en la toma de muestras (A y B), a excepción de la del sistema tradicional, en la que tan sólo se hizo una repetición, y se procedió con una muestra.

Tabla IV-18. Variación en azúcares (° Baumé).

Nº extensión y día	S _M	S _{CMIP}				S _{CMIPPP}			S _{CMPPP}		
	A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media	
1ª	29-08	16,25	17,10	14,60	15,85	15,70	14,00	14,85	15,65	15,00	15,33
	2-09	23,80	23,15	21,10	22,12	22,80	18,80	20,8	21,20	22,10	21,65
2ª	6-09	14,00	14,00	14,10	14,05	14,00	13,00	13,5	14,35	15,25	14,8
	10-09	19,50	20,00	19,40	19,7	21,30	18,50	20,05	21,00	20,70	20,85
3ª	14-09	16,05	16,00	16,70	16,35	17,90	17,30	17,6	18,20	15,30	16,75
	17-09	21,05	20,50	21,10	20,8	22,70	21,15	21,93	21,40	17,80	19,6
Media en recolección	21,45	21,21	20,53	20,87	22,27	19,48	20,92	21,20	20,20	20,7	

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Los mayores grados Baumé se observan para el S_M (sistema tradicional) para la primera y tercera extensión, mientras que, para la segunda, destaca el sistema de asoleo compuesto por chapa metálica trapezoidal, malla tradicional y plástico perforado apoyado directamente sobre la uva (S_{CMPPP}), como el que obtiene mayores grados Baumé.

En la Tabla IV-19, se muestran los incrementos diarios de los niveles de azúcares (° Baumé), para cada uno de los sistemas.

Tabla IV-19. Incrementos diarios de niveles de azúcares (° Baumé) para diferentes sistemas de asoleo.

Repetición	S _M	S _{CMIP}			S _{CMIPPP}			S _{CMPPP}		
	A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media
1ª	1,89	1,51	1,62	1,56	1,77	1,2	1,48	1,39	1,77	1,58
2ª	1,37	1,5	1,32	1,41	1,82	1,37	1,59	1,66	1,36	1,51
3ª	1,66	1,5	1,46	1,48	1,6	1,28	1,44	1,06	0,83	0,94
Media	1,64	1,50	1,47	1,48	1,73	1,28	1,5	1,37	1,32	1,34

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

De la Tabla IV-19 se observan que las muestras alcanzaron una mayor graduación Baumé durante la primera extensión para todos los sistemas de asoleo, a excepción del sistema S_{CMIPPP}, correspondiéndose con el período en el que la intensidad de la radiación solar es más elevada (Tabla IV-17). Tal y como algunos autores demostraron, existe una relación inversamente proporcional entre la intensidad de la radiación solar y el tiempo necesario de asoleo (Belessiotis y Delyannis, 2011; Kooli *et al.*, 2007).

Del estudio de la tabla anterior, se indican las diferencias encontradas en las extensiones con respecto a la evolución en azúcares en los sistemas de pasificación ensayados. Mientras que, para la 1ª y 3ª extensión, fue el sistema tradicional, S_M, el que obtuvo mayor contenido en azúcares, debido a las altas temperaturas y a la práctica inexistencia de precipitaciones, en el caso de la 2ª extensión, caracterizada por una precipitación a mitad y al final del periodo de pasera, fueron cualquiera de los sistemas con cobertura de fruto, los que obtuvieron mejores resultados, al evitar que éste se mojase.

En resumen, de los resultados obtenidos en el laboratorio de Montalbán durante las dos anualidades, se observa que a priori las paseras extendidas bajo invernadero pueden ofrecer una solución al sistema tradicional, evitando riesgos de humedades y desarrollo de hongos, al impedir el contacto directo del agua de lluvia con el fruto. Sin embargo, también se refuerza el sistema tradicional de paseras como el que mejor comportamiento tiene con respecto al contenido en azúcares en periodos sin precipitación.

IV-4.2.2. Ensayos realizados en el segundo laboratorio de análisis sobre las muestras congeladas

Durante la segunda anualidad, además de los grados Baumé, las densidades y los azúcares totales, se pretendió valorar el estado sanitario de las uvas. Para ello, se observó el contenido de ácido glucónico al final del periodo de secado del fruto, ya

que éste, aparece en las uvas como resultado de los procesos internos de oxidación de la glucosa, o bien por la actividad del hongo *Botrytis cinerea*. Dicho patógeno es el causante de la pudrición del racimo de uva, una de las enfermedades más destructivas en las vides en todo el mundo (Sapkotaet *al.*, 2015). Estos resultados se muestran en las Tablas IV-20, IV-21, IV-22 y IV-23, mientras que los valores mínimos, medios y máximos de los parámetros anteriores se recogen en la Tabla IV-24, diferenciando los muestreos que tuvieron de 2 a 3 días de asoleo, así como los que disfrutaron un periodo mayor de asoleo de 6 a 7 días.

Tabla IV-20. Evolución en el nivel de azúcares grados Baumé (°), segunda anualidad.

Extensión y día	Nº días de asoleo	S _M	S _{CMIP}			S _{CMIPPP}			S _{CMPPP}			
		A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media	
1 ^a	29-08	2	16,25	17,10	14,60	15,85	15,70	14,00	14,85	15,65	15,00	15,31
1 ^a	02-09	6	23,80	23,15	21,10	22,12	22,80	18,80	20,8	21,20	22,10	21,65
1 ^a	Incremento medio		7,55	6,05	6,5	6,28	7,1	4,8	5,95	5,55	7,1	6,32
2 ^a	06-09	3	14,00	14,00	14,10	14,05	14,00	13,00	13,5	14,35	15,25	14,8
2 ^a	10-09	7	19,50	20,00	19,40	19,7	21,30	18,50	19,9	21,00	20,70	20,85
2 ^a	Incremento medio		5,5	6	5,3	5,65	7,3	5,5	6,4	6,65	5,45	6,05
3 ^a	14-09	4	16,05	16,00	16,70	16,35	17,90	17,30	17,6	18,20	15,30	16,75
3 ^a	17-09	7	21,05	20,50	21,10	20,8	22,70	21,15	21,92	21,40	17,80	19,6
3 ^a	Incremento medio		5	4,5	4,4	4,45	4,8	3,85	4,33	3,2	2,5	2,85

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

En la segunda anualidad en la que las temperaturas máximas favorecieron el asoleo de la uva, se constata que es el S_M, el tradicional, el que mayor contenido en

azúcares obtiene con la exposición al sol, para la 1ª y 2ª extensión, con respecto a los otros tres sistemas que poseían un sistema de cobertura para las paseras: S_{CMIP} , S_{CMIPPP} y S_{CMPPP} . Mientras que no ocurre así para la 2ª extensión, en la que el S_M ofrece resultados de contenido de azúcares desfavorables. Hecho que se justifica debido a la lluvia acaecida el 3^{er} día de asoleo (1,3 l/m²), así como el último día de exposición solar (0,2 l/m²). Ofreciendo los sistemas cubiertos S_{CMIP} , S_{CMIPPP} y S_{CMPPP} , en estas condiciones meteorológicas, mejores valores que los tradicionales (ejemplo 2ª extensión).

Tabla IV-21. Evolución de la densidad (g/l), segunda anualidad.

Extensión y día	Nº días de asoleo	S_M	S_{CMIP}			S_{CMIPPP}			S_{CMPPP}			
		A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media	
1ª	29-08	2	1125	1132	1111	1121,5	1120	1107	1113,5	1120	1108	1114
1ª	02-09	6	1198	1191	1170	1180,5	1188	1148	1168	1172	1180	1176
1ª	Incremento medio		73	59	59	59	68	41	54,5	52	72	62
2ª	06-09	3	1107	1107	1108	1107,5	1107	1099	1103	1109	1118	1113,5
2ª	10-09	7	1155	1159	1154	1157	1172	1145	1158,5	1170	1167	1168,5
2ª	Incremento medio		48	52	46	49	65	46	55,5	61	49	55
3ª	14-09	4	1124	1123	1129	1126	1140	1134	1137	1143	1117	1130
3ª	17-09	7	1170	1165	1170	1167,5	1185	1172	1178,5	1173	1140	1156,5
3ª	Incremento medio		46	42	41	41,5	45	38	41,5	30	23	26,5

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Del estudio de las densidades y del contenido de azúcares totales se extraen las mismas conclusiones que para el estudio de los grados Baumé. El S_M tuvo mejor comportamiento en la 1ª y 3ª extensión, donde prácticamente no acontecieron precipitaciones.

Tabla IV-22. Evolución de los azúcares totales (g/l), segunda anualidad.

Extensión Y día	Nº de días de asoleo	S _M	S _{CMIP}				S _{CMIPPP}			S _{CMPPP}		
		A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media	
1ª	29-08	2	354	378	326	352	341	311	326	342	329	335,5
1ª	02-09	6	535	520	463	491,5	508	406	457	461	492	476,5
1ª	Incremento medio		181	142	137	139,5	167	95	131	119	163	141
2ª	06-09	3	304	305	306	305,5	302	284	293	311	397	354
2ª	10-09	7	416	435	418	426,5	471	397	434	453	445	449
2ª	Incremento medio		112	130	112	121	169	112	140,5	142	48	95
3ª	14-09	4	337	336	354	345	378	369	373,5	387	326	356,5
3ª	17-09	7	452	435	456	445,5	490	451	470,5	458	376	417
3ª	Incremento medio		115	99	102	100,5	112	82	97	71	50	60,5

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Tabla IV-23. Evolución del ácido glucónico (mg/l), segunda anualidad.

Extensión y día	Nº de días de asoleo	S _M	S _{CMIP}				S _{CMIPPP}			S _{CMPPP}		
		A	A	B	Media	A	B	Media	A	B	Media	
1ª	02-09	6	880	899	4436	2667,5	1892	1324	1608	851	914	882,5
2ª	10-09	7	270	454	369	411,5	312	265	288,5	189	218	203,5
3ª	17-09	7	2245	5505	4191	4848	5496	3396	4446	4862	6944	5903

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Del análisis de las concentraciones de ácido glucónico, para medir el estado sanitario de la uva pasa, se observa que es el S_M el que consigue menores

concentraciones de este ácido y por consiguiente mejores resultados para las tres extensiones.

Tabla IV-24. Valores medios de parámetros analíticos para los 4 sistemas ensayados.

Parámetro	1 a 4 días de asoleo				6 a 7 días de asoleo			
	S _M	S _{CMIP}	S _{CMIPPP}	S _{CMPPP}	S _M	S _{CMIP}	S _{CMIPPP}	S _{CMPPP}
Grado Baumé (°)	15,43	15,42	15,32	15,63	21,45	20,88	20,88	20,70
Densidad (g/l)	1119	1118	1118	1119	1174	1168	1168	1167
Azúcares totales (g/l)	332	334	331	337	468	455	454	448
Glucónico (mg/l)	S.D	S.D	S.D	S.D	1132	2642	2114	2330

S.D Sin dato. Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

En todas las muestras y sistemas de asoleo ensayados, se verifica que tanto la densidad como los grados Baumé medidos en las muestras de mosto, se incrementan con la duración del tiempo de asoleo de la uva, debido al fenómeno de transpiración - concentración, que tiene lugar en las mismas. Del estudio de la Tabla IV-20, se deduce que la muestra de uva de la pasera de la segunda extensión posee un grado Baumé menor que las demás en todos los ensayos a excepción del S_{CMPPP}. Asimismo, se observa una menor evolución de ambos parámetros, en la segunda y tercera extensión del ensayo (incremento medio, en Tablas IV-20 y IV-21).

De la Tabla IV-24 podemos concluir que, un periodo de asoleo de uva de 1 a 4 días no es suficiente para conseguir el contenido de azúcares deseado, debiéndose dejar las paseras en campo un mayor número de días.

No obstante, se concluye que ninguno de los sistemas de asoleo de uva propuestos, mejora los resultados obtenidos con el sistema convencional, S_M, cuando transcurren más días de asoleo (6-7 días). Simplemente, se subraya el S_{CMIPPP}, compuesto de chapa metálica trapezoidal, malla tradicional e invernadero con plástico perforado, el cual, para extensiones de uva más tardías y a inferiores temperaturas, alcanza unos resultados sensiblemente mejores a los del método tradicional (Tablas IV-20, IV-21 y IV-22). Mientras que, para extensiones de uva más adelantadas en el tiempo, sometidas a mayores temperaturas, sigue siendo el

sistema tradicional el que ofrece los mejores resultados de grado Baumé y densidad (Tablas IV-20, IV-21 y IV-22).

En la Tabla IV-25, se indican los valores medios (de las tres extensiones), máximos, mínimos y medios los grados Baumé, densidad, azúcares totales y ácido glucónico, obtenidos al final del proceso de asoleo.

Tabla IV-25. Grados Baumé, densidad y azúcares totales medidos al final del proceso.

		Grados Baumé (°)	Densidad (g/l)	Azúcares totales (g/l)	Ácido glucónico (mg/l)
S _M	Mínimo	19,50	1155	419	270
	Medio	21,45	1174	468	1132
	Máximo	23,80	1198	535	2245
S _{CMIP}	Mínimo	19,40	1154	418	369
	Medio	20,88	1168	455	2642
	Máximo	23,15	1191	520	5505
S _{CMIPPp}	Mínimo	18,50	1145	397	265
	Medio	20,88	1168	454	2114
	Máximo	23,15	1188	508	5496
S _{CMPPp}	Mínimo	17,80	1140	376	189
	Medio	20,70	1167	448	2330
	Máximo	22,10	1180	492	6944

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Se comprueba nuevamente que el S_M, el tradicional vuelve a ser el que ofrece los mejores resultados de grados Baumé, densidad y concentraciones de azúcares totales, con el tiempo de asoleo con respecto a otros sistemas propuestos en el procedimiento de pasificación de las uvas *Pedro Ximénez*.

Asimismo, se confirmaron en el segundo laboratorio de análisis, algunas de las conclusiones extraídas de los ensayos llevados a cabo en el laboratorio de Montalbán, donde el S_{CMPPp} (chapa metálica con malla tradicional y plástico perforado directamente sobre la uva), tampoco ofreció buenos resultados.

Por otra parte, y en esta segunda anualidad en la que se estudió el contenido de ácido glucónico para valorar el estado sanitario de la uva al final del proceso, se

comprobó que, éste ascendía con la duración del tiempo de asoleo (Tabla IV-25). De las observaciones realizadas en campo en la toma de muestras se indica que no existía afección por *Botrytis cinérea* en los granos de uva recolectados, para extender las paseras.

Del estudio del ácido glucónico se concluye que se trata nuevamente del sistema tradicional de asoleo, el que alcanza los mejores resultados con respecto a este compuesto, alcanzándose con los otros tres sistemas ensayados, valores máximos y medios muy superiores a los ofrecidos con el sistema tradicional.

No es de extrañar que para los sistemas de asoleo: S_{CMIP} , S_{CMIPPp} y S_{CMPPP} , que, o bien poseen un invernadero elevado con cubierta de plástico, con o sin perforación, o un plástico perforado directamente sobre el fruto, se hayan obtenido mayores valores de ácido glucónico, ya que, en estos sistemas se favoreció la retención de humedad, y por lo tanto un ambiente más propicio para el desarrollo del hongo *Botrytis cinerea* y consecuentemente, una peor calidad para obtener los caldos de vinos *Pedro Ximénez*. En concreto, se descarta el S_{CMPPP} (chapa metálica con malla tradicional y plástico perforado directamente sobre la uva), por favorecer la producción de ácido glucónico en la uva, ya que la humedad de condensación que se produce en el plástico extendido, se encuentra en contacto directo con el fruto, originando en éste un mayor desarrollo de hongos.

Asimismo, se observa que la 3ª extensión es la que presenta un peor comportamiento refrendado por los elevados resultados de ácido glucónico en los cuatro sistemas de asoleo, lo cual parece lógico, debido a que la resistencia de la piel de la uva (cutícula) al ataque de hongos conforme avanza la vendimia es menor que durante los primeros días de la misma al favorecerse la rotura de las células (Peinado *et al.*, 2013).

IV-4.2.3.- *Análisis organoléptico*

Tal y como algunos autores indican, el análisis sensorial a través de catas determina la calidad del mosto (Medrano *et al.*, 2003). La elaboración de un panel de cata permitió realizar una comparación objetiva de los mostos producidos con las muestras de uvas pasas obtenidas según los cuatro sistemas de pasificación ensayados en la segunda anualidad.

Se constituyó un panel de cata, compuesto por cinco catadores para realizar un análisis organoléptico, y una comparación objetiva de los mostos producidos con la uva pasa obtenida según los sistemas evaluados. Las muestras han sido identificadas con la siguiente nomenclatura que se refleja en la Tabla IV-26.

Tabla IV-26. Identificación de muestras para catar.

Referencia de las muestras	Descripción del sistema de pasificación (repetición)
S_M	Asoleo tradicional
S_{CMIP-A}	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + invernadero con plásticos sin perforar y extremos abiertos (repetición A)
S_{CMIP-B}	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + invernadero con plásticos sin perforar y extremos abiertos (repetición B)
$S_{CMIPPP-A}$	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + invernadero con plásticos perforados y extremos abiertos (repetición A)
$S_{CMIPPP-B}$	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + invernadero con plásticos perforados y extremos abiertos (repetición B)
$S_{CMPPP-A}$	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + plástico perforado directamente sobre las uvas (repetición A)
$S_{CMPPP-B}$	Asoleo en chapa galvanizada + malla tradicional + plástico perforado directamente sobre las uvas (repetición B)

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Los requerimientos solicitados a cada uno de los cinco catadores fueron:

1º.- Su impresión general de las muestras de los ensayos realizados en búsqueda de un buen Vino Pedro Ximénez.

2º.- Reproducibilidad de las muestras. Similitud entre las muestras A y B ¿Son similares los vinos catados en las repeticiones A y B?

3º.- Proximidad de la muestra con respecto a la referencia ¿Cuál de las muestras se parece más a la referencia?

4º.- ¿Cuáles son los mejores vinos Pedro Ximénez considerando la referencia?

Según estos requisitos, en las Tablas IV-27, IV-28, IV-29 y IV-30, se muestran los resultados obtenidos de la realización de las catas, en función de cada uno de ellos:

REQUISITO 1

Tabla IV-27. Impresión general de todas las muestras de los ensayos de cada extensión en busca de un buen vino Pedro Ximénez.

Catador	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
1	Regular (1)	Regular (1)	Regular (1)
2	Regular (1)	Regular (1)	Buena (2)
3	Regular (1)	Mala (0)	Buena (2)
4	Regular (1)	Mala (0)	Buena (2)
5	Buena (2)	Buena (2)	Buena (2)
TOTAL PUNTOS	6	4	9

Los criterios de puntuación fueron los siguientes:

Mala - 0 punto.

Regular - 1 punto.

Buena - 2 puntos.

REQUISITO 2

Tabla IV-28. Reproductividad de las muestras ¿Son similares las muestras catadas en las repeticiones A y B?

Catador	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
1	Solo las muestras S _{CMIP}	Solo las muestras S _{CMIP}	Ninguna
2	Ninguna	Ninguna	Solo las muestras S _{CMIPPP}
3	Solo las muestras S _{CMIP}	Solo las muestras S _{CMIP}	Solo las muestras S _{CMIPPP}
4	Solo las muestras S _{CMIP}	Solo las muestras S _{CMIP}	Solo las muestras S _{CMIPPP}
5	Todas	Solo las muestras S _{CMPPp}	Las muestras S _{CMIP} y la S _{CMIPPP}
Conclusión	Muestras S_{CMIP}	Muestras S_{CMIP}	Muestras S_{CMIPPP}

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

La reproductividad de las muestras aporta una idea de la similitud de las mismas, y de la razón por la que se deben duplicar los ensayos de campo. Como conclusión, y

teniendo en cuenta lo indicado por los cinco catadores, de la 1ª y 2ª extensiones, únicamente es el sistema S_{CMIP} (S_{CMIP-A} y S_{CMIP-B}), el que ofrece muestras duplicadas que parecen similares, ya que 3 catadores se ajustaron en su respuesta. Mientras que, para la 3ª extensión, tan sólo es el sistema S_{CMIPPP} es el que ofrece características similares, ya que cuatro catadores de 5 coincidieron en su respuesta.

REQUISITO 3

Con respecto al parecido de la muestra a la referencia, en la Tabla IV-26 se observan los resultados obtenidos de los catadores, y en la Tabla IV-27, una valoración cuantitativa de la elección de los procesos.

Tabla IV-29. Impresión de los catadores con respecto a la similitud de las muestras a la referencia.

Catador	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
1	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}	$S_{CMIPPP-A}$ / $S_{CMPPp-A}$	S_{CMIP-B} / $S_{CMIPPP-A}$
2	S_{CMIP-A}	S_{CMIP-A}	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}
3	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}	$S_{CMIPPP-A}$ / $S_{CMPPp-A}$	$S_{CMIPPP-A}$ / $S_{CMIPPP-B}$
4	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}	$S_{CMPPp-B}$	$S_{CMIPPP-A}$ / $S_{CMIPPP-B}$
5	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}	S_{CMIP-A} / S_{CMIP-B}	$S_{CMIPPP-A}$ / $S_{CMIPPP-B}$ / $S_{CMPPp-A}$

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Tabla IV-30. Valoración cuantitativa de las muestras elegidas con respecto a la Tabla IV-29.

	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
Muestras elegidas	S_{CMIP-A} (5 veces) S_{CMIP-B} (4 veces)	S_{CMIP-A} (2 veces) S_{CMIP-B} (1 vez) $S_{CMIPPP-A}$ (2 veces) $S_{CMPPp-A}$ (2 veces) $S_{CMPPp-B}$ (1 vez)	S_{CMIP-A} (1 vez) S_{CMIP-B} (2 veces) $S_{CMIPPP-A}$ (4 veces) $S_{CMIPPP-B}$ (3 veces) $S_{CMPPp-A}$ (1 vez)
Sistemas elegidos	S_{CMIP} (9 veces)	S_{CMIP} (3 veces) S_{CMIPPP} (2 veces) S_{CMPPp} (3 veces)	S_{CMIP} (3 veces) S_{CMIPPP} (7 veces) S_{CMPPp} (1 vez)

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Con respecto a este requisito, destacan el sistema S_{CMIP} en la primera extensión y el sistema S_{CMIPPP} para la tercera extensión, habiendo sido valorados 9 y 7 veces respectivamente por los catadores.

REQUISITO 4

Por último, el requerimiento final alude a la consideración del mejor vino Pedro Ximénez, teniendo en cuenta la referencia. En las Tablas IV-31 y IV-32, se muestran los resultados obtenidos por los cinco catadores para cada una de las tres extensiones, así como una valoración cuantitativa de los procesos elegidos.

Tabla IV-31. Vinos óptimos Pedro Ximénez ¿Cuáles son los mejores vinos Pedro Ximénez, incluyendo las referencias?

Catador	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
1	S _{CMIPpp-B} / S _{CMPPp-A}	S _{CMIPpp-A} / S _{CMPPp-A}	S _M - S _{CMIP-B} / S _{CMIPpp-A}
2	S _{CMIP-B}	S _{CMIP-A} / S _{CMIP-B}	S _{CMIPpp-A} / S _{CMIPpp-B}
3	S _{CMIPpp-B} / S _{CMPPp-A}	S _{CMPPp-A}	S _{CMIPpp-A} / S _{CMIPpp-B}
4	S _{CMPPp-A}	S _{CMPPp-B}	S _{CMIPpp-A} / S _{CMIPpp-B}
5	S _{CMIP-A} / S _{CMIP-B}	S _{CMIP-A} / S _{CMIP-B}	S _{CMIPpp-A} / S _{CMIPpp-B} / S _{CMPPp-A}

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

Tabla IV-32. Valoración cuantitativa de los "sistemas elegidos" con respecto a la Tabla IV-31.

	1ª extensión	2ª extensión	3ª extensión
Muestras elegidas	S _{CMIP-A} : 1 vez S _{CMIP-B} : 2 veces S _{CMIPpp-B} : 2 veces S _{CMPPp-A} : 3 veces	S _{CMIP-A} : 2 veces S _{CMIP-B} : 2 veces S _{CMIPpp-A} : 1 vez S _{CMPPp-A} : 2 veces S _{CMPPp-B} : 1 vez	S _M : 1 vez S _{CMIP-B} : 1 vez S _{CMIPpp-A} : 5 veces S _{CMIPpp-B} : 4 veces S _{CMPPp-A} : 1 vez
Sistemas elegidos	S _{CMIP} : 3 veces S _{CMIPpp} : 2 veces S _{CMPPp} : 3 veces	S _{CMIP} : 4 veces S _{CMIPpp} : 1 vez S _{CMPPp} : 3 veces	S _M : 1 vez S _{CMIP} : 1 vez S _{CMIPpp} : 9 veces S _{CMPPp} : 1 vez

Clasificación de los sistemas de asoleo: 'C' es utilización de chapa metálica; 'M' indica el uso de malla; 'I' es uso de invernadero; 'P' es con cobertura de plástico sin perforar; y 'Pp' es con cobertura de plástico perforado.

De todo lo anterior, se deducen las siguientes afirmaciones:

Desde el punto de vista organoléptico, la tercera extensión proporciona mejores vinos Pedro Ximénez que las demás, siendo la peor la segunda extensión, según el panel de cata. Ya que, la 3ª extensión obtuvo la máxima puntuación (Tabla IV-27), y se corresponde con el mayor tiempo de asoleo.

Con respecto a la reproducibilidad de las pruebas, y del estudio de los resultados anteriormente expuestos, se observa que tan sólo en 15 ocasiones de un total de 45 posibilidades (5 catadores x 3 parejas de sistemas (A y B) x 3 extensiones), es decir un 33%, han sido consideradas semejantes y por lo tanto reproducibles.

Asimismo, se indica que han sido las pruebas correspondientes al sistema de asoleo S_{CMIP} (chapa galvanizada + malla tradicional + invernadero con plásticos sin perforar y extremos abiertos), las que han originado mayor similitud entre las mismas por los cinco catadores, siendo el S_{CMPPP} (chapa galvanizada + malla tradicional + plástico perforado directamente sobre las uvas), el que menor grado de semejanza han obtenido (Tabla IV-28).

Del estudio de la Tabla IV-28, y tras tener en consideración que las mejores extensiones para los catadores con respecto a la calidad de los vinos han sido la 1ª y la 3ª (Tabla IV-27), se deduce que los sistemas de asoleo: S_{CMIP} y S_{CMIPPP} con invernaderos con plásticos sin perforar o perforados respectivamente, alcanzan una mayor similitud a los vinos obtenidos por el procedimiento tradicional. Mientras que se trata del S_{CMPPP} (plástico perforado directamente sobre las uvas) el que peores valoraciones ha tenido.

Del estudio de la Tabla IV-30, los resultados globales son:

- Invernadero sin perforar (S_{CMIP}) - 15 veces
- Invernadero perforado (S_{CMIPPP}) - 9 veces
- Plástico perforado (S_{CMPPP}) - 4 veces

Al haber despreciado los resultados obtenidos en la segunda extensión, debido a criterios de calidad apreciados por los cinco catadores (Tabla IV-27), los resultados depurados son:

- Invernadero sin perforar (S_{CMIP}) - 12 veces
- Invernadero perforado (S_{CMIPPP}) - 7 veces
- Plástico perforado (S_{CMPPP}) - 1 vez

De lo anterior, se observa que el sistema S_{CMIP} es escogido como sistema, cuyas muestras de mosto más se parecen a la referencia del sistema tradicional de asoleo.

Finalmente, para definir el mejor vino Pedro Ximénez, en la Tabla IV-32 se observa la marcada disgregación de resultados, ya que, para la 1ª y 2ª extensiones, se trata del S_{CMIP} (invernaderos sin perforar) y S_{CMPPP} (plástico perforado directamente sobre las uvas), los que mejores resultados consiguen; mientras que, para la 3ª extensión es el S_{CMIPPP} (invernadero perforado), el método de pasificación que destaca notablemente frente a los demás, como sistema óptimo para la obtención del mejor vino Pedro Ximénez. Los resultados obtenidos corroboran los hallazgos de Constantinou *et al.* (2018), que indican que la pasificación bajo invernadero supone un método a considerar para la producción de pasas de alta calidad en aromas y

potencial fenológico, en tanto que acorta el período de asoleo y evitan el ataque de posibles roedores, insectos, pájaros, etc.

IV-4.2.4. Interpretación de resultados - segunda anualidad

Una vez estudiados los resultados obtenidos con las experiencias planteadas esta segunda anualidad, y junto con los obtenidos en la anualidad previa, se puede concluir lo siguiente:

- La chapa metálica empleada para el S_C en la primera anualidad era lisa, y no tenía malla, por lo que no aportaba sombras parciales y estaba completamente en contacto con el suelo radiante. Sin embargo, durante la segunda anualidad, se adoptaron para los sistemas S_{CMIP} , S_{CMIPPP} y S_{CMPPP} , un tipo de chapa acanalada al objeto de suministrar rigidez y disminuir el riesgo de desplazamiento, ante un posible evento de fuertes lluvias o vientos y consecuentes inundaciones. Posteriormente, se demostró que la chapa de este tipo no era funcional, observándose que la existencia de canales provocaba que el fruto se amontonase en la parte baja del canal, disminuyendo como consecuencia la totalidad del área para la pasera.
- La mayor opacidad que confiere el plástico empleado en la segunda anualidad, los extremos abiertos en el invernadero, junto a la meteorología acaecida mermaron las ventajas del S_{CMIP} y S_{CMIPPP} (uso del invernadero) sobre otros sistemas.
- Los extremos abiertos del invernadero sesgan la toma de muestras ya que facilitan dicha toma en las puntas, donde el método es menos eficiente.
- El plástico perforado parece no aportar ninguna ventaja.
- Se pone de manifiesto la alta humedad y la suavidad de las temperaturas en la segunda anualidad con respecto a las correspondientes del año anterior. La humedad existente en los ensayos para la 1ª extensión de la segunda anualidad fue superior a la observada en la 3ª extensión de la primera anualidad, a pesar de haber tenido lugar en el mes de agosto.
- Finalmente, es conveniente destacar la gran irregularidad que presentó la uva pasa en la segunda anualidad para los sistemas: S_{CMIP} , S_{CMIPPP} y S_{CMPPP} , debido fundamentalmente al amontonamiento del fruto en los canales, favoreciéndose que los racimos estuvieran muy apretados, y provocándose la rotura de muchos frutos.

IV-5. CONCLUSIONES

Existe un cierto grado de dificultad para extraer las conclusiones que se reflejan a continuación, debido a los numerosos factores que intervienen en el proceso de pasificación. No obstante, teniendo en cuenta los resultados expuestos para las dos anualidades, fruto de ensayos realizados en el laboratorio de Montalbán, y posteriormente analizados en los dos laboratorios, se concluye:

- Con condiciones meteorológicas favorables, es difícil elegir un proceso alternativo al proceso tradicional de asoleo, que acelere el tiempo de deshidratación del fruto obtenido, mejorando aspectos tales como la concentración de azúcares y otros relacionados con el estado sanitario del fruto.
- En condiciones meteorológicas desfavorables, el sistema de pasificación de uva bajo invernadero ofrece resultados prometedores. Es decir, la pasificación de la uva Pedro Ximénez se puede acelerar con la utilización de invernaderos. Además, la utilización de los mismos reduce el impacto negativo de los eventos meteorológicos que puedan acontecer en las paseras.
- La utilización de invernaderos como técnica para la pasificación, requiere que se ventile de manera natural o forzada la estructura, para reducir la humedad relativa.
- Bajo la utilización de invernaderos se puede justificar la reducción en el tiempo del proceso de pasificación para la elaboración de los vinos dulces, especialmente cuando durante el asoleo de la uva acontecen temperaturas suaves y se originan episodios de lluvias.
- La extensión de uva adelantada en el tiempo suele favorecer y acelerar el proceso de pasificación, ya que las radiaciones solares son más elevadas.
- Es necesario un tiempo de asoleo de 6-7 días para la obtención del mosto.

Posibles mejoras para seguir estudiando las técnicas de pasificación en el futuro

La primera recomendación es realizar los ensayos durante un mayor número de años y con un mayor número de repeticiones de cada sistema en cada campaña, lo cual se ve dificultado por la mano de obra necesaria en pasera cuando se está en plena actividad.

IV-6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belessiotis, V., Delyannis, E., 2011. Solar drying. *Solar Energy* 85, 1665-1691.
- Bennett, I.E., Jegasothy, H., Konczak, I., Frank, D., Sudharmarajan, S., Clingeffer, P.R., 2011. Total polyphenolics and anti-oxidant properties of selected dried fruits and relationships to drying conditions. *Journal of Functional Foods* 3, 115-124.
- Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2018. Estadísticas 2017. Consejo Regulador de Montilla-Moriles. Disponible en: <https://www.montillamoriles.es/la-denominacion/conocenos/datos-de-interes/estadisticas.html> (acceso en 26/02/2019).
- Constantinous, S., Gomez-Caravaca, A.M., Goulas, V., Segura-Carretero, A., Koundouras, S., Manganaris, A.G., 2018. The impact of postharvest dehydration methods on qualitative attributes and chemical composition of 'Xynisteri' grape (*Vitis vinifera*) must. *Postharvest Biology and Technology* 135, 114-122.
- Díaz-Alonso, A., López-Alejandro, M., 1989. Los vinos de Córdoba. Ed. Caja provincial de Ahorros de Córdoba, pp 198.
- Figueiredo-González, M., Cancho-Grande, B., Simal-Gándara, J., 2013. Effects on colour and phenolic composition of sugar concentration processes in dried-on- or dried-off-vine grapes and their aged or not natural sweet wines. *Trends in Food Science & Technology* 31, (1), pp 36-54.
- Gudiño-Ayala, D., Calderón-Topete, A., 2014. Pineapple drying using a new solar hybrid dryer. *Energy Procedia*, 57 (2), 1642-1650.
- Karunaraja, N., Subhaschandra, S., Verma, T.N., Nashine, P., 2017. Convective solar drying of *Vitisvinífera* and *Momordicacharantia* using thermal storage materials. *Renewable Energy*. DOI 10.1016/j.renene.2017.06.096.
- Kooli, S., Fadhel, A., Farhat, A., Belghith, A., 2007. Drying pepper in open sun and greenhouse conditions mathematical modelling and experimental validation. *Journal of Engineering* 79, 1094-1103.
- Laborde M.B., Barreto G.M., Pagano A.M., 2015. Low-calories raisins obtained by combined dehydration: process optimization and evaluation of the antioxidant efficiency. *Avances en Ciencia e Ingeniería* 6 (1), 17-30.
- Lingayat, A., Chandramohan V.P., Raju, V.R.K., 2017. Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying. *Energy Procedia* 109, 409-416.

- López de Lerma, N., Moreno, J., Peinado, R.A., 2014. Determination of the optimum sun-drying time for *Vitis vinifera* L.cv Tempranillo grapes by E-nose analysis and characterization of their volatile composition. *Food and Bioprocess Technology* 7, 732-740.
- Medrano, H., Escalona, J.M., Cifre, J., Bota, J., Flexas, J., 2003. A ten-year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effects of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology* 30, 607-619.
- Mustafa, A., Sevik, S., Amini, A., Khanlari, A., 2016. Analysis of drying of melon in a solar-heat recovery assisted infrared dryer. *Solar Energy*, 137, 500-515.
- Orden 3 de mayo de 2016 (BOJA 89 de 12 de mayo 2016), por la que se emite decisión favorable en relación a la solicitud de aprobación de una modificación del pliego de condiciones de la denominación de origen protegida 'Montilla-Moriles'. Consejo Regulador DOP. 'Montilla-Moriles', 2016. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/V_DO_MONTILLA_-_MORILES.pdf (acceso en 01/01/2019).
- Pangavhane, D.R., Sawhney, R.L., 2002. Review of research and development work on solar dryers for grape drying. *Energy Conversion and Management*, 43 (1), 45-61.
- Pardo-Calle, C., Segovia-Gonzalez, M.M., Paneque-Macias, P., Espino-Gonzalo, C., 2011. An approach to zoning in the wine growing regions of "Jerez-Xérès-Sherry" and "Manzanilla-Sanlúcar de Barrameda" (Cádiz, Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research* 9 (3), 831-843.
- Pedro Ximénez, 2018. Disponible en: <https://www.pedroximenez.es/elaboracion-de-los-vinos-pedroximenez.html> (acceso en 31/12/2018).
- Peinado, J., López de Lerma, N., Peralbo-Molina, A., Priego-Capote, F., de Castro, C., McDonagh, B., 2013. Sunlight exposure increases the phenolic content in postharvested white grapes. An evaluation of their antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal Functional of Food* 5, 1566-1575.
- Ruiz, M.J., Rodríguez, M.C., Barroso, C.G., 2010. Optimizing the process of making sweet wines to minimize the content of ochratoxin A. *Journal of agriculture and Food Chemistry* 58, 13006-13012.
- Ruiz, M.J., Moyano, L., Zea, L., 2014. Changes in aroma profile of must from grapes cv. *Pedro Ximenez* chamber-dried at controlled conditions destined to the

production of sweet Sherry wine. *LWT – Food Science and Technology* 59, 560-565.

- Ruiz-Bejarano, M.J., Castro-Mejías, R., Rodríguez-Dodero, M.C., García-Barroso, C., 2016. Volatile composition of Pedro Ximénez and Muscat sweet Sherry wines from sun and chamber dried grapes: a feasible alternative to the traditional sun-drying. *Journal of Food Science and Technology* 53(6), 2519-2531.
- Sapkota, S.D., Chen, L.L., Hwang, C.F., 2015. Genetic Study of Botrytis Bunch Rot Resistance in Grapevine. Proceeding papers of XI INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPEVINE BREEDING AND GENETICS. JUL 28-AUG 02, 2014. China.
- Serratos, M.P., Lopez-Toledano, A., Medina, M., Merda, J., 2008. Drying of Pedro Ximenez grapes in chamber at controlled temperature and with dipping pretreatments. Changes in the color fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 10739-10746.
- Serratos M.P., Marquez, A., Lopez-Toledano, A., Merida, J., 2012. Sensory analysis of sweet musts in Pedro Ximenez cv. Grapes dried using different methods. *South African Journal of Enology and Viticulture* 33 (1), 14-20.
- Triviño-Tarradas, P., Sánchez-Tovar, L., Escalona, E., 2012. Working conditions in "paseras" (raisin-making operations). Case Denomination of Origin Montilla-Moriles (Spain). *Salud de los Trabajadores* 20 (2), 141-154.
- Valero, A., Marín, S., Ramos, A.J. Sanchís, V., 2008. Ochratoxin A in European special wines. *Food Chemistry* 108, 593-599.
- Venkatesan, N., Arjunan, T.V., 2014. An experimental investigation and performance analysis of a solar drying of bitter gourd using an evacuated-tube air collector. *International Journal of ChemTech Research*, 6 (14), 5510-5518.

CAPITULO V.

Mejoras en las condiciones de trabajo en las paseras.

Caso Denominación de Origen Protegida

'Montilla-Moriles'

Triviño-Tarradas, P., Sánchez-Tovar, L., Escalona, E., 2012.
Condiciones de trabajo en las paseras. Caso Denominación de Origen Montilla-Moriles,
(España).
Salud de los Trabajadores, 20(2), pp. 141-154.
<https://www.redalyc.org/pdf/3758/375839305003.pdf>

CAPÍTULO V. Mejoras en las condiciones de trabajo en las paseras. Caso Denominación de Origen Protegida 'Montilla-Moriles'

V-1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a datos de la Organización Internacional del Trabajo - OIT (2000), los trabajadores agrícolas conforman más de 50% de la mano de obra en el mundo. En diversos estudios (Giménez, 1992; Martín, 2007; Hurst, 2007) se ha evidenciado que este grupo de trabajadores es uno de los más vulnerables socialmente, que trabaja bajo condiciones más desfavorables, con deficientes condiciones sanitarias, ambientales y de seguridad, precarias condiciones de vida, educación y salud.

Además de recibir bajos salarios, los trabajadores agrícolas realizan un trabajo estacional durante el cual pueden estar expuestos a sustancias químicas y riesgos biológicos, así como a la inclemencia del clima, en una jornada de trabajo prolongada donde, por lo general, realizan tareas diversas, con posturas inadecuadas. Esto significa que entre los factores de riesgo asociados al trabajo están las condiciones ambientales, movimientos repetitivos, posturas forzadas, entre otros, los cuales han sido asociados a diversas patologías puestas en evidencia en estudios dirigidos al estudio de los riesgos que entrañan las tareas del campo (Luttmann *et al.*, 2004; Martín, 2007). En general, los trabajadores agrícolas están expuestos a una diversidad de riesgos laborales, y debido a las características de la actividad que realizan y el entorno, resulta difícil la implementación de medidas de prevención de riesgos laborales. Sin embargo, en un estudio desarrollado por Vergizas-Valverde *et al.* (2007), se constató que los trabajadores del área agrícola coincidieron en considerar que la mayoría de las soluciones seleccionadas para controlar los riesgos laborales eran de fácil implementación técnica y de bajo coste económico.

Una de las estrategias que se ha venido incorporando en este sector es la metodología participativa de prevención de riesgos laborales, la cual constituye una alternativa para identificar y mejorar las condiciones laborales y disminuir los riesgos que puedan derivarse de la actividad agraria. En este sentido, Martín (2007), sostiene que, *"... con la investigación ergonómica sobre los métodos y prácticas, herramientas y equipos agrícolas se pueden conseguir grandes avances para la mejora de la salud, seguridad y productividad de los trabajadores del sector agrario"*.

La idoneidad de la investigación participativa se ha puesto en evidencia en estudios de otros sectores económicos. Los estudios de Castillo y Escalona (2009); García y

Escalona (2011), efectuados desde una aproximación participativa, revelaron que la existencia de debilidades en los diseños de los puestos de trabajo condicionaba que los trabajadores asumieran posturas inadecuadas generadoras de problemas músculo-esqueléticos. La observación de grupos homogéneos de exposición utilizando la Guía de Observación del Método Déparis⁹ modificado ha sido muy valioso en la identificación de dichos problemas (Castillo y Escalona, 2008). De ahí, el interés en el uso de este método para el estudio de los trabajadores de las paseras. Tomando en consideración que esta población trabajadora ha sido poco estudiada, surge la necesidad de indagar respecto a las condiciones de trabajo en una pasera ubicada en Montilla-Moriles, recurriendo a una aproximación participativa.

V-1.1. Consideraciones sobre el trabajo en las paseras de la Denominación de Origen Protegida de Montilla-Moriles

De manera histórica, la zona de Montilla-Moriles se ha caracterizado por la elaboración de vinos dulces usando para ello uva blanca principalmente de la variedad Pedro Ximénez. Los vinos dulces son para Montilla-Moriles el producto "estrella" y "único" de la Denominación. Las características especiales que poseen estos vinos dulces elaborados meticulosamente a partir de uvas pasas, hacen que estos se produzcan tan solo en unas zonas determinadas que reúnan las condiciones agrológicas necesarias para conseguirlo. Por ello, el proceso de elaboración de estos vinos dulces forma parte de la tradición y cultura vitícola propia de la zona de Montilla-Moriles.

Para conseguir la obtención de un vino dulce es necesario, que la uva, tras su recolección, sea expuesta a un proceso denominado "pasificación". Este procedimiento comienza llevando a cabo una extensión de la uva en las paseras, para que dichos frutos maduros sean lentamente asoleados con la única finalidad de conseguir su secado, aumentando así la concentración de azúcares, para obtener un vino natural y singular, con unas únicas características organolépticas. Muchos campos de la enología han avanzado considerablemente con la aplicación de nuevas tecnologías, mientras que el proceso de pasificación de la uva ha permanecido igual durante siglos. Para desarrollar este proceso tradicional de secado de las uvas al sol, volteando los racimos, es necesaria la contratación de un gran número de mano de obra. La pasificación consiste en la extensión de la uva en

⁹ Método Déparis: metodología para descripción de la situación de trabajo a través de la evaluación de 18 factores de riesgo a través de la realización de una investigación participativa de una muestra de trabajadores.

terrenos llanos, sobre una malla de plástico de aproximadamente un metro de ancho y la longitud de la pasera de largo, tal y como se observa en la Imagen V-1, para conseguir el secado uniforme de los frutos. La uva extendida está continuamente vigilada y controlada mientras tiene lugar la pasificación en paseras.

Este proceso requiere de una mano de obra que sea capaz de realizar las labores artesanales y manuales descritas a continuación:

- Extensión de la malla de plástico.
- Descarga de las cajas de los remolques de uva y transporte hacia los líneas de pasera¹⁰.
- Primera colocación de los racimos de uva maduros.
- Volteo de la uva (una vez por pasera).
- Recolección de la uva hecha pasa.

Estas funciones son bastante sencillas de realizar, pero a la vez conllevan una serie de riesgos laborales, tanto en lo que se refiere a la propia postura forzada para su realización, como a las condiciones climatológicas de intensidad de radiación solar y altas temperaturas, que deben soportar cada uno de los operarios que trabajan en las paseras. Además, se trata del manejo de un producto bastante frágil, difícil de manejar e incómodo (Imagen V-2).

En Montilla-Moriles el proceso de pasificación de la uva se realiza normalmente desde la última semana de agosto hasta mediados de septiembre, dependiendo de la madurez fisiológica del fruto. Los horarios para las paseras se organizan por turnos de lunes a sábado. El primer turno se desarrolla desde 7.30h a 14.30h, y el segundo desde las 14.30h a 21.30h aproximadamente, dependiendo si hay que volver a descargar racimos recién recolectados o no. Todos estos factores, propician condiciones de stress muy elevadas para los operarios en los tajos de las paseras a la intemperie. A priori, esta agotadora labor en pasera es aliviada tan sólo por el tradicional sombrero de paja, gorra o un pañuelo en la cabeza y la existencia de agua a mano (Imagen V-3).

¹⁰ Líneas de pasera. Se trata de extensiones de 25 metros de longitud por 1 metro de anchura de malla. La interdistancia entre líneas es de 25-30 centímetros, suficiente para el paso de los trabajadores.



Imagen V-1. Paseras de uva. Fuente: elaboración propia.



Imagen V-2. Descarga de caja en las paseras de uva. Fuente: elaboración propia.

Asimismo, es necesario destacar que a pesar de la inexistencia cada vez mayor de mano de obra en vendimia, no hay casi trabajadores inmigrantes como en otras campañas de recogida, tal y como la aceituna. Normalmente, vienen muchos otros jornaleros de los municipios limítrofes a la DOP. 'Montilla-Moriles' a vendimiar.

Tomando en consideración el interés que se tiene en el conocimiento de las condiciones de trabajo en estas actividades; en este estudio se pretende identificar las condiciones de trabajo a las que están sometidos los operarios que trabajan en las paseras de Montilla-Moriles, así como sus posibles efectos en la salud.



Imagen V-3. Extensión de racimos en paseras de uva. Fuente: elaboración propia.

V-2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las observaciones efectuadas para efectos de la investigación se desarrollaron entre los meses de agosto y septiembre 2009. Para la descripción del proceso de trabajo en las paseras se recurrió a la observación directa. Para la evaluación ergonómica se aplicó:

- Método Déparis modificado (Malchaire, 2010).
- El enfoque de ergonomía de Escalona *et al.* (2002), unido con el análisis antropométrico en función del confort deseable en la posición de trabajo.

La guía Déparis es una metodología muy utilizada para evaluar la gestión participativa de los riesgos ocupacionales en un determinado trabajo (Malchaire, 2010). El método Déparis y el enfoque de Escalona son idóneos para ser utilizados por colectivos laborales para hacer un balance objetivo de la situación de trabajo que la muestra escogida vive en su día a día. La apreciación se realiza por un medio figurativo intuitivo en tres niveles de colores y de caras:

- Situación insatisfactoria, que inevitablemente necesita mejorar. 😞
- Situación mediana y ordinaria, apto para posibles mejoras. 😐
- Situación completamente satisfactoria. 😊

El estudio se llevó a cabo en dos etapas, en la primera se aplicó el Método Déparis y, en la segunda se procedió a la observación objetiva de cinco puestos de trabajo, considerando las diferentes posiciones ergonómicas en las distintas tareas a desarrollar y la valoración de su confort, mediante la aplicación del análisis antropométrico y, a partir de la consideración de los segmentos corporales propuestos por Drillis y Contini (1966) y la posición de confort en cuclillas y bipedestación. Se efectuó asimismo un análisis de lo indicado por los trabajadores.

La población objeto de estudio estuvo conformada por trabajadores que realizan los trabajos de pasificación de la uva en Montalbán. De una población laboral total de 50 (40 hombres y 10 mujeres) se escogió una muestra intencional para participar de 31 trabajadores (30 trabajadores y el encargado de campo de pasera). De todos estos trabajadores tan sólo 2 fueron mujeres, lo que indica su alto grado de homogeneidad en cuanto al género. El muestreo fue dirigido e intencional. En una primera fase se escogió un grupo homogéneo, ya que se trata de trabajadores con unas características similares en cuanto a su edad, sexo y nivel de formación. En la selección de la muestra, se intentó respetar la diversidad de los trabajadores de las paseras, para conseguir de esta manera identificar las condiciones peligrosas de trabajo de cada uno de los grupos (Tabla V-1).

La muestra homogénea se caracterizó bajo los siguientes criterios: a) Trabajadores y trabajadoras que contaban con el permiso del encargado de paseras (su jefe inmediato) para participar en la investigación de estudio, que ejercían todas las labores necesarias en la pasera, incluyendo al encargado de pasera; b) Voluntarios para participar en el estudio; c) Disponibilidad de la observación del trabajador. Por lo que la observación se realizó en cinco puestos de trabajo, empleando un día completo de trabajo.

En la Tabla V-1, se muestran las 8 tareas que se desarrollan durante la jornada de trabajo en las paseras. En cada tarea se indica el porcentaje de mujeres y hombres que la realizan, asimismo, se muestra el porcentaje de trabajadores que pueden desempeñar cada tarea. Por ejemplo, la tarea de "extensión de malla", desarrollada por 30 trabajadores en total (2 mujeres y 28 hombres), representa 96,7% del total que son 31 trabajadores. Las mujeres representan 6,45% y los hombres 90,32%. Las mujeres están limitadas a las tareas que no implican levantamiento de cargas.

Tabla V-1. Distribución de los trabajadores por grupo homogéneo y sexo.

Tarea Número	Grupo homogéneo de exposición	Número Trabajadores y trabajadoras (%)	Total de muestra	Nº mujeres Muestra (%)	Nº hombres Muestra (%)
1	Extensión de la malla	30 (96,77)	31	2 (6,45)	28 (90,32)
2	Descarga las cajas de los remolques	28 (90,32)	31	0 (0)	28 (90,32)
3	Transporte de las cajas a los líneas de paseras	28 (90,32)	31	0 (0)	28 (90,32)
4	Primera colocación de los racimos de uva	30 (96,77)	31	2 (6,45)	28 (90,32)
5	Volteo de los racimos	30 (96,77)	31	2 (6,45)	28 (90,32)
6	Recogida de los racimos de uva en capachos	30 (96,77)	31	2 (6,45)	28 (90,32)
7	Transporte de los capachos de uva pasa al remolque	28 (90,32)	31	0 (0)	28 (90,32)
8	Control y vigilancia del proceso	1 (3,23)	31	0 (0)	1 (3,23)

V-2.1. Técnicas e instrumentos de recogida de datos

Se utilizó la técnica de la observación no participante, que incluye la observación de grupos homogéneos de exposición y la aplicación de la Guía de Observación del Método Déparis, modificado, para el estudio de la situación de trabajo (Malchaire, 2010). Esta Guía abarca un conjunto de 18 ítems, los cuales permiten estudiar la situación de trabajo de un conjunto de personas, partiendo de lo general a lo específico. Los ítems 1 y 2, estudian la organización general, el 3 se ocupa de la organización del trabajo y el 4 es de la seguridad; desde los puntos 5 hasta el 9, se abarcan las herramientas y los medios directos de trabajo; posteriormente, en los apartados del 10 al 14 se consideran los factores físicos del ambiente, y de 15 al 18 se abordan los factores psico-organizacionales. Es importante destacar que el ítem 14 fue modificado, y transformado por "la estabilidad laboral" sugerida por Castillo y Escalona (2008), ya que en el campo no se presentan condiciones físicas que definan vibraciones en el ambiente de trabajo, siendo mucho más importante la estabilidad laboral relativa a otras campañas. El sistema de evaluación seguido por los participantes fue un sistema de colores; el color verde indica que no hay

problemas, el amarillo indica que es necesario hacer algunas modificaciones y el rojo es considerado como un serio problema, requiriendo la intervención inmediata.

Las observaciones del puesto de trabajo y de cada una de las tareas o actividades a desarrollar en el procedimiento de pasificación completo, se realizó tomando como referencia el confort de las posiciones de trabajo mediante el análisis antropométrico, definiendo un cociente de confort que expresa la relación entre el número de aspectos evaluados ergonómicamente que cumplen con los criterios para que el operario esté cómodo, dividido entre el número total de situaciones abordadas.

Se realizó la observación directa durante un día completo de trabajo observándose las distintas actividades que realizan en el proceso completo de pasificación para los diferentes grupos homogéneos que trabajan en las paseras.

V-3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V-3.1. Características generales de los trabajadores objeto de estudio

De los operarios de las paseras que participaron en el estudio, 79% tenían una edad comprendida entre los 20 y 40 años, aunque se constata la existencia de 21% con edades superiores (40-55 años) teniendo éstos una mayor experiencia en estas labores de pasificación. Su apariencia física es más bien fuerte. Asimismo, las dos mujeres que trabajaban en la pasera eran también de corpulencia fuerte y, en ambos casos, han trabajado en otras campañas en la pasificación de la uva. Tenían 36 y 39 años.

Un porcentaje de 8% (entre mujeres y hombres) manifestaron dolores músculo-esqueléticos (cervicales, dolores de espalda y de piernas). Prácticamente la mayoría manifestó dolores músculo-esqueléticos durante los primeros días de trabajo en pasera. Esta ratio corresponde a todos los trabajadores de paseras, sin tener en cuenta el encargado de campo.

V-3.2. Situación de trabajo en las paseras

En la Tabla V-2, se sintetizan los resultados de la información recogida respecto a la identificación de la situación de trabajo efectuada por los trabajadores en los diferentes grupos homogéneos, siendo estas similares.

Tabla V-2. Síntesis de la situación de trabajo en las paseras de la DOP. 'Montilla-Moriles'.

Factor evaluado	Hombres	Mujeres	Factor evaluado	Hombres y Mujeres
1.- Áreas de trabajo			10.- Iluminación	
2.- Organización técnica del puesto			11.- El ruido	
3.- Adecuación al trabajo			12.- El ambiente térmico	
4.- Riesgos de accidentes			13.- Peligros químicos y biológicos	
5.- Los comandos y señales			14.- Estabilidad laboral relativa en próximas campañas	
6.- Las herramientas y el material de trabajo			15.- Las relaciones de trabajo (entre operarios)	
7.- Posiciones de trabajo			16.- El ambiente social local y general	
8.- Esfuerzo y manipulación de cargas			17.- El contenido del trabajo	
9.- Carga mental			18.- El ambiente psicosocial	

Fuente: Datos de la investigación. Aplicación del Método Déparis modificado, 2009. Niveles de apreciación: situación insatisfactoria (fondo rojo); situación mediana y ordinaria (fondo amarillo); y finalmente situación completamente satisfactoria (fondo verde).

Se observaron diferencias entre los hombres y las mujeres integrantes de dichos grupos. Las mujeres manifestaron menor riesgo de accidentes, consideraron que los materiales de trabajo eran menos peligrosos y no realizaban tareas de manipulación de cargas. El resto de los aspectos evaluados resultaron similares para ambos sexos.

De la Tabla V-2 se desprende que de los 18 indicadores evaluados con el Método Déparis, 8; 'la adecuación al trabajo', 'los riesgos de accidentes', 'las herramientas y el material de trabajo', 'la iluminación', 'el ambiente térmico', 'los peligros químicos y biológicos', 'las posiciones de trabajo' y, finalmente, 'el esfuerzo y manipulación de cargas', fueron catalogados por los hombres como "insatisfactorios" (44,44%). Mientras que para el grupo de mujeres se consideraron como "insatisfactorios" 5 indicadores (27,7%). Es decir, todos los ítems considerados por los hombres menos 'los riesgos de accidentes', 'las herramientas y el material de trabajo', y 'la manipulación de cargas'.

En "situación mediana y ordinaria", para los hombres se clasificaron 6 ítems (33,3%), los cuales correspondieron a las 'áreas de trabajo', 'organización técnica del puesto', 'las relaciones de trabajo (entre operarios)', 'el ambiente social local y general', 'los comandos y señales' y 'el contenido del trabajo'. Y para las mujeres, en situación ordinaria se encontraban 8 aspectos (44,4%). Para ellas, además de los señalados por los hombres se encuentran los siguientes indicadores: 'los riesgos de accidentes' y 'las herramientas y el material de trabajo'.

Finalmente, 4 aspectos se consideraron en condición de "satisfacción" para los hombres (22,52%), que concretamente fueron 'el ruido', 'la estabilidad laboral relativa', 'la carga mental' y 'el ambiente psicosocial'. Mientras que para las mujeres 5 aspectos (27,7%) fueron considerados "satisfactorios", es decir todos los ítems considerados por los hombres más el 'levantamiento de cargas', ya que para las mujeres no procede.

Todo el personal laboral evaluado coincidió en indicar que las condiciones generales de trabajo señaladas peligrosas (insatisfactorias) requieren cambios urgentes, especialmente sugirieron incorporar mejoras en cuanto a manipulación de cargas, y posturas necesarias para desarrollar su trabajo.

Los trabajadores catalogaron con un grado medio de satisfacción a las áreas de trabajo donde desarrollar las tareas necesarias del proceso completo de pasificación, ya que no existen limitaciones en cuanto a espacio de trabajo al desarrollarse todas al aire libre y a la intemperie. El espacio es más reducido tan sólo en el momento de descarga de uva recién vendimiada del remolque, actividad que implica una mayor necesidad de organización de entrada y salida de los trabajadores (Imagen V-4). Asimismo, la organización técnica de los trabajadores en la pasera corresponde al encargado de la misma, quien organiza diariamente las tareas que se ejecutarán.

Cabe destacar que la "carga mental" que soportan los trabajadores en las paseras no fue considerada como un factor peligroso a modificar en el trabajo de la pasificación en las paseras.

En lo referente al ambiente físico, tres ítems han sido considerados rojos (peligrosos); 'la iluminación', 'el ambiente térmico' y 'peligros químicos y biológicos', mientras que 'el ruido' fue valorado en verde (no peligroso); los aspectos peligrosos relacionados con el ambiente físico, así como los peligros químicos y biológicos se relacionaron con la exposición prolongada al sol. La insolación es causada por la prolongada exposición directa a los rayos solares o a temperaturas elevadas, por lo tanto, se debe intentar evitar la radiación solar y altas temperaturas por los efectos adversos de éstos a la salud, como quemaduras

originadas a la excesiva exposición de la piel a los rayos ultravioleta sin protección. Durante el proceso de pasificación de la uva, al trabajar a la intemperie durante días del mes de agosto y septiembre, con fuertes iluminaciones, en gran parte debidas a la reflejadas por el suelo albarizo característico en la zona, más las directas del sol, hace que los trabajos en pasera durante la franja horaria cercana al mediodía sean especialmente duros y agotadores. Por ello, muchos trabajadores optan por colocarse sombreros de paja o gorras especialmente durante las horas más cercanas a mediodía.



Imagen V-4. Descarga de cajas de uva del remolque. Fuente: elaboración propia.

La temperatura es el factor más limitante que posee la realización de este trabajo al aire libre, ya que las temperaturas máximas pueden alcanzar los 40-44°C, las medias de 23-31°C, mientras que las mínimas no bajan de 18-24°C durante la noche. El agotamiento, producto del calor acelera los mecanismos de sudación del cuerpo humano, provocando pérdidas de agua y de sales minerales del organismo. La indumentaria de trabajo que normalmente utilizan es ropa cómoda que les permite agacharse para el volteo de racimos, camisetas de algodón y pantalones cortos, para compensar las elevadas temperaturas que normalmente se ocasionan. Algunos de los hombres que trabajan en paseras se desprenden de la parte superior de sus vestimentas, debido a los incrementos de temperatura que pueden acontecer especialmente en las horas de mayor radiación solar durante el trabajo. Se constata la existencia de varios botijos llenos de agua para compensar la sed, debido a la fuerte sudoración que llegan a experimentar los trabajadores en las fechas indicadas (Imagen V-5).

Las condiciones físicas que se suelen dar en los trabajos de paseras, provocan en numerosas ocasiones fatiga a los trabajadores. La fatiga producto del trabajo puede ser el resultado de largas horas de trabajo mental o físico, siendo este último el que se presenta en nuestro caso.



Imagen V-5. Trabajador bebiendo agua de un botijo, y los contenedores donde vacían los racimos de uva pasa. Fuente: elaboración propia.

Todos los operarios, durante la jornada realizan las actividades de extensión de mallas, colocación de racimos, volteo de racimos, recogida de racimos de uva pasa en capachos, excepto la descarga, el transporte y la carga de las cajas o capachos de uva, que se limitan exclusivamente a los hombres. Los aspectos de seguridad son considerados por los trabajadores en situación de peligro, ya que la manipulación de cargas es continua, los posibles tropiezos con otros compañeros son frecuentes a pesar del espacio, el lugar destinado para aparcamiento de coches es amplio, pero muy soleado, puesto que están trabajando en una gran explanada.

Al estar la pasera dividida en dos tramos separados por la carretera que va de Montilla a Montalbán CO-4207, existe la inseguridad para sus trabajadores al cruzar de un tramo a otro y no estar señalizada, ni con señalización vertical (semáforo, señales de ceda el paso, señales de stop), ni con señalización horizontal (paso de peatones).

Asimismo, el trabajo de la pasificación expone a los trabajadores a riesgos químicos por manipular directamente una materia que en la mayoría de los casos ha sido recientemente tratada contra alguna plaga (e.g. mildiu u oídio). Algunos de ellos se

colocan guantes de cualquier tipo para trabajar, pero muchos otros prefieren trabajar sin ellos, con el consiguiente riesgo para la piel por el contacto de sustancias más o menos corrosivas, provocación de dermatitis (Smedley, 2011). Por ello, a los lados de las paseras se ubican unas cubetas con agua para proceder al enjuague de los restos de los productos químicos que se impregnan en las manos de los trabajadores al manipular los racimos (Imagen V-6).



Imagen V-6. Cubetas de agua para enjuague de manos. Fuente: elaboración propia.

Se destaca la falta de aseos (lavabos y baños) en el lugar de trabajo, por lo que se deben desplazar en coche hasta los servicios más cercanos (propia bodega o cortijos vecinos).

Asimismo, resalta la gran polvareda a soportar como consecuencia del paso de tractores sobre los suelos desnudos, idóneos para la instalación de los líneas de pasera. Esta polvareda unida a la sequedad ambiental favorece una sensación de aglutinación de polvo en la nariz, la sequedad ocular y la presencia de pterigión.

El ruido está positivamente considerado en la labor en las paseras, ya que a la intemperie de las grandes explanadas de trabajo no existen más ruidos que los realizados por los propios operarios en su movimiento, o a lo sumo, la entrada de tractores con remolques para carga y descarga. La cualidad del ruido está determinada por la intensidad y la frecuencia (Dewagan *et al.*, 2005). Destaca la inexistencia de maquinaria ruidosa que pueda incomodar el ambiente físico de los trabajadores de pasera. De igual manera, el paso de los vehículos por la carretera

de Montilla a Montalbán CO-4207 no implica un excesivo ruido para los trabajadores.

Por otra parte, se debe resaltar el escaso riesgo existente de atropello de maquinaria pesada en las paseras como lugar de trabajo. Este riesgo vendría como consecuencia de la transitabilidad de tractores o remolques en la pasera, para la carga y descarga de uva fresca o pasa. En las paseras, como lugar de trabajo, la zona de tránsito de maquinaria está muy bien definida. Y fuera de esta zona, los tractores que deben circular y maniobrar disponen de las señales acústicas de advertencia para la seguridad de los trabajadores situados en sus proximidades (Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio).

Con respecto al ambiente psico-organizacional, en las paseras se goza de un entorno laboral que no presenta preocupaciones respecto a la estabilidad laboral, ya que en estos trabajos se suelen contratar a los mismos trabajadores que han sido contratados en años anteriores, siempre y cuando estén disponibles. Se trata de contratos eventuales y por temporada, al estar asociado a una campaña agrícola concreta. Por consiguiente, se contrata personal temporalmente de año en año durante los meses de época estival de agosto-septiembre.

En años en los que, debido al auge que tuvo el sector de la construcción, se hacía más dificultosa la búsqueda de personal nacional temporero para este tipo de trabajos en las paseras, los viticultores se vieron forzados a contratar mano de obra extranjera. No obstante, esta situación en la última década está revirtiendo sustancialmente debido a la crisis económica en la construcción, que hace que la mano de obra tradicional de los propios municipios de origen vuelva a estar dispuesta a trabajar en las paseras.

Por otro lado, se constata cierta fidelidad hacia el trabajador que haya trabajado con anterioridad correctamente en paseras. Manifestándose una relativa estabilidad laboral en los trabajadores oriundos de los municipios donde tradicionalmente se preparan las paseras, los cuales conocen desde pequeños la tradición de este duro y arduo trabajo de campo. Con respecto a la duración del contrato, para muchos trabajadores se trata de un trabajo de tan solo algunos días durante el verano, mientras que, para otros, los contratos se alargan algunos días más hasta que comienza la elaboración en bodega del vino dulce. Por ello, el trabajo de paseras está catalogado con un cierto grado de inestabilidad, como cualquier otro trabajo en época de recolección de cultivos en el campo.

En las paseras, hombres y mujeres desempeñan el mismo trabajo a excepción de la manipulación de cargas, es decir la descarga de uva de los remolques y la carga y transporte de uva pasa a bodega. Todos los trabajadores están conformes con esta

diferenciación. Como se indicó anteriormente, el encargado de paseras organiza todas y cada una de las funciones necesarias para llevar a cabo la pasificación del fruto.

En relación al contenido de trabajo, a continuación, se muestra en la siguiente Figura V-1, el ciclo de trabajo en las paseras de la DOP. 'Montilla-Moriles'.

Cuando entran los remolques llenos de uva recién recogida manualmente y dispuesta en cajas, de aproximadamente 20 kg., un grupo de trabajadores son los encargados de descargarla y transportar las cajas hacia los líneas de pasera, distanciándolas unas de otras unos 100-125 cm, de manera que en cada línea se extienden alrededor de 400-500 kg. de uva fresca correspondiéndose con 20-22 cajas de uva. Posteriormente, entre dos operarios extienden la uva a lo largo de todo el línea de pasera (25 m²), y suelen tardar aproximadamente 4-5 minutos.

Una vez está la uva extendida, y dependiendo de la radiación solar para el proceso de secado, en 7-10 días hay que proceder al volteo de racimos. Esta operación tarda más tiempo que la extensión, de 8-10 minutos entre dos trabajadores.

Cuando la uva ya está seca (uva-pasa), se recoge y se mete en capachos para volcarlos en los remolques que la transportan a la bodega donde dará comienzo el proceso de molturación de uva dulce.



Figura V-1. Ciclo de trabajo en la pasificación de uva. Fuente: elaboración propia.

V-3.3. Propuestas de los trabajadores para corregir la situación de trabajo

Las propuestas de mejoras respecto a los factores negativos existentes, tales como el ambiente térmico, el cual es imposible de evitar ya que la temperatura responde a la exposición al sol en este tipo de trabajos, sugieren el uso de medidas de protección solar como los gorros de paja, cremas de protección solar. No obstante, se es consciente por parte de los trabajadores de la escasa atención y cuidados que se procura a este factor.

Otras propuestas de mejora, aportadas por los propios trabajadores de las paseras, fueron adecuar el horario de trabajo para disminuir el tiempo de exposición a los rayos solares lo que significaría tener dos turnos de trabajo. En cuanto a las posturas de trabajo, los trabajadores están ávidos de formación en cuanto a técnicas adecuadas para la manipulación de pesos y pausas que permitan descansar los músculos involucrados.

Con respecto a los viales, sería deseable establecer la señalización necesaria para alertar del tránsito de personal de un tramo a otro de la pasera. Asimismo, para los trabajos en las paseras, es deseable la disposición de los equipos de protección individual para manipular la uva que puede haber sido tratada con productos químicos antes de haberla cortado. Con respecto de la posición de trabajo no se indican mejoras, ya que, desde antaño, y tal y como se ha indicado en el capítulo IV, los trabajadores son conscientes de que la tradición señala que la pasera se extienda sobre el suelo para permitir que la uva adquiera unas características particulares (Peinado *et al.*, 2013; Ruiz *et al.*, 2014). Por lo tanto, para mejorar la posición de trabajo en las paseras y el esfuerzo necesario que exige la manipulación de los racimos en el suelo, conllevaría un estudio técnico profundo que justifique la viabilidad de colocación elevada de este producto.











V-3.4. Posturas observadas, antropometría dinámica y funcional

Pese al carácter eminentemente cíclico del trabajo realizado por los trabajadores y trabajadoras de pasera, éstos adoptan diferentes posturas a lo largo de su jornada laboral. En la Tabla V-3, se reflejan las posturas de trabajo asociadas a las tareas desempeñadas por los grupos homogéneos en las paseras durante la jornada.

La postura 1 se realiza de pie fundamentalmente, terminando agachándose para colocar la malla fija en el suelo (ver posturas 1 a y b). En la postura 2, que también se realiza de pie con tronco inclinado, es necesario la manipulación de cargas (cajas de 20 kg.), en la que, si se realizara correctamente, los trabajadores deberían

utilizar más la fuerza de los músculos de las piernas que los de la espalda, tanto al coger las cajas como al descargarlas en los líneas para disminuir la tensión en la zona lumbar. Las posturas 3 y 7, se realizan de pie y cargado, ya que se trata del transporte manual desde el remolque hasta los líneas de pasera y viceversa. Las posturas 4, 5 y 6 se evalúan a la vez, ya que se trata en los tres casos de posturas ergonómicamente incómodas en cuclillas. La postura 8 se realiza de pie. De lo anterior, se deduce que el trabajo requiere posturas exigentes.

Tabla V-3. Posturas observadas en trabajadores(as) de paseras.

Tarea	Postura observada	
Hombres y mujeres realizando la extensión de la malla	Postura 1	 
Hombres descargando las cajas de uva fresca de los remolques (20 kg.)	Postura 2	 
Hombres transportando las cajas a las líneas de pasera	Postura 3	
Hombres y mujeres colocando y extendiendo los racimos de uva	Postura 4	
Hombres y mujeres volteando los racimos	Postura 5	
Hombres y mujeres recogiendo los racimos secos y metiéndolos en capachos	Postura 6	
Hombres transportando los capachos al remolque y descargándolos	Postura 7	
Hombres controlando y organizando todo el proceso	Postura 8	

En la Tabla V-4, se muestran los porcentajes de tiempo para cada uno de las posturas identificadas.

Tabla V-4. Posturas de trabajo y porcentajes de tiempo para los trabajadores de las paseras durante un día de trabajo. (Datos observados durante el ciclo de trabajo de un día. Promedio para el ciclo de trabajo 77 minutos. Frecuencia de ciclo 5 y 7 veces por día).

Postura	Tiempo en minutos para cada trabajador observado					Promedio Tiempo %
	1	2	3	4	5	
De pie tronco inclinado y terminó en cuclillas (postura 1)	6	7	8	6	7	6,8
De pie con carga y manipulación de carga agachándose (posturas 2 a y b)	12	14	14	13	14	13,4
Caminando con carga (posturas 3 y 7)	12	13	14	13	14	13,2
En cuclillas (posturas 4, 5 y 6)	35	40	36	38	35	36,8
De pie sin carga (postura 8)	35	26	28	30	30	29,8
Total tiempo promedio en minutos	80	77	75	75	78	100

En la realización de las posturas 1, 4, 5 y 6, los trabajadores encorvan y tuercen mucho el tronco, e incluso algunos prefieren adoptar posturas en cuclillas o arrodillados (posturas forzadas), lo cual es uno de los factores que provocan trastornos locomotores en la salud humana pudiendo este factor verse reducido al trabajar con el tronco recto (Luttmann *et al.*, 2004).

En las tareas de pasificación, las acciones más repetitivas que pudieran conllevar dolencias inespecíficas de las extremidades superiores se corresponden con la extensión y el volteo de racimos (posturas de trabajo 4 o 5). Sin embargo, éstas no se determinan en este estudio como un factor que contribuya al trastorno del aparato locomotor, ya que durante la ejecución de estas actividades que se corresponden con las posturas 4 y 5, se incorporan periódicamente algunos descansos o cambios de tareas (Luttmann *et al.*, 2004; Martin, 2009).

Del análisis de la Tabla V-4, se observa que los trabajadores de las paseras están un 7% de su tiempo de pie, para realizar la colocación de malla, pasando por una postura en cuclillas para extenderla bien sobre el suelo. Asimismo, pasan un 13% de su tiempo de pie cargando y manipulando cargas de 20 kg. aproximadamente, hasta ser dejadas en el suelo. En este contexto, es importante destacar que la manipulación manual de toda carga que pese más de 3 kg., puede entrañar un potencial riesgo dorso-lumbar si ésta es manipulada en condiciones desfavorables

(alejada del cuerpo, con posturas inadecuadas) (Real Decreto 485/1997 de 14 de abril). En general, el peso máximo recomendado en los trabajos de manipulación de cargas es de 25 kg. en condiciones favorables de manejo e ideales de levantamiento. Sin embargo, para mujeres el peso máximo no debe superar los 15 kg., por ello, son los hombres los encargados de la carga y descarga, y el transporte de capachos a los remolques. Aunque al realizar el levantamiento desde el suelo se supera la carga máxima teórica permitida que serían de unos 14 kg., (Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, 2003).

De los resultados se estima que el 13% del tiempo diario del trabajador se pasa caminando con carga, mientras que gran parte de la jornada la pasan en cuclillas (37%), posición incómoda en la que realizan la colocación primera de racimos y su posterior extensión y volteo. El resto del tiempo, lo pasan caminando sin carga (30%). Este porcentaje es más elevado para el primer grupo homogéneo descrito ya que el encargado de la pasera pertenece a él y, éste desarrolla su trabajo fundamentalmente controlando de pie a los demás operarios y caminando por toda la pasera.

Como se ha estudiado, los trabajadores deben de adoptar posiciones en cuclillas durante un 37% del tiempo. Esto, unido a que la mayoría al agacharse realizan más fuerza con los músculos de la espalda que con los músculos de las piernas, conduce a que muchos trabajadores presentan dolores de espalda. En este contexto, es importante destacar que, además de la incomodidad de la posición en cuclillas, el plano de referencia para la visión es el horizontal en el suelo, con lo que les obliga a doblar el cuello unos 15° para visualizar correctamente los racimos en el suelo.

El capataz o encargado de pasera, es la persona que se asegura de que todos los trabajadores tengan una mínima formación adecuada sobre la forma correcta de manipular las cargas para las actividades de las paseras y el peso aproximado que deben cargar. Separar los pies hasta conseguir una postura estable, doblar las rodillas, acercar al máximo el objeto al cuerpo; levantar el peso gradualmente y sin sacudidas; y no girar el tronco mientras se está levantando la carga, son algunas de las normas fundamentales en la prevención de riesgos para trabajos como éste, en los que se manipulan cargas.

Por otro lado, los trabajadores manifestaron que durante la jornada el descanso es escaso. Entendiendo por descanso, el reposo en posición sentada del cuerpo humano. Es decir, los trabajadores cambian de actividad a lo largo de su trabajo, pero a excepción del descanso para desayunar o bien el del almuerzo, en el que se sientan en el suelo, no disponen de otros momentos en los que el cuerpo no esté de pie, andando o en cuclillas, según la actividad a desarrollar. Por lo tanto, en

algunas ocasiones, el operario no descansa durante 3,5 horas (concretamente el período de trabajo consecutivo al descanso a mitad de turno para el desayuno o merienda).

Otros posibles malestares o dolencias que pueden sufrir los trabajadores de paseras son los dolores de cabeza, de estómago, vómitos ocasionales, mareos y náuseas, entre otros, especialmente debido a las insolaciones a las que están sometidos. Por otro lado, se observó el riesgo de contacto directo de la piel por los productos fitosanitarios, que provocan en ocasiones dermatitis, problemas visuales y respiratorios por inhalación, sino se ha superado el plazo de seguridad que debe transcurrir entre la última aplicación del producto y la cosecha de la misma (CEDEM, 2005).

V-4. CONCLUSIONES

De la evaluación ergonómica de las condiciones de trabajo de los operarios en las paseras, se evidencia que 77,77% de los aspectos estudiados fueron considerados entre insatisfactorios y moderadamente satisfactorios. De todos los factores estudiados, requieren ser mejorados de forma inmediata la inadecuación del trabajo, los riesgos de accidentes, las herramientas y el material de trabajo, los factores ambientales, la manipulación de cargas y la exposición a químicos.

Los movimientos repetitivos y continuados en el tiempo, el nivel de esfuerzo, la adopción de posturas forzadas y la manipulación manual de cargas, constituyen factores de riesgo que se podrían relacionar con las lesiones músculo esqueléticas señaladas por los trabajadores.

La posición de cuclillas al extender la uva fresca, voltear racimos y recoger la uva pasificada, es la posición más dura e incómoda en los trabajos en las paseras. Por ello, se puede indicar que todos los trabajadores de las paseras excepto el encargado, pueden sufrir o están expuestos a posturas incómodas susceptibles de ocasionarle daños crónicos o incapacitantes de la columna lumbar.

Pese a la formación sobre los posibles riesgos laborales a los que se enfrentan por realizar trabajos en condiciones extremas a la intemperie, la mayoría de los operarios ignoran la repercusión en la salud de su organismo. Están expuestos a realizar las tareas de asoleo, pero sería aconsejable y conveniente en futuros estudios evaluar el impacto fisiológico y el rendimiento del trabajo de los trabajadores bajo estas condiciones.

Las altas temperaturas, la inexistencia de sombras cercanas en el lugar de trabajo, la baja humedad ambiental de la provincia de Córdoba propicios para el asoleo y

deshidratación de la uva, hacen que las condiciones de trabajo de sus trabajadores sean pesadas y precarias. Este trabajo agrícola, como cualquiera que conlleve una producción continua se corresponde con una labor física pesada y rutinaria, pudiendo llegar a ser monótonas.

V-5. MEJORAS SUGERIDAS DE LOS PUESTOS DE TRABAJO

En lo que respecta al transporte de cargas en paseras, sería conveniente utilizar ayudas mecánicas, tales como cintas transportadoras. Asimismo, para descargar o cargar los remolques de uva fresca o pasa, deberían poseer plataformas elevadoras de carga y descarga. El peso aproximado de las cajas de uva fresca es 20 kg., por lo que es necesario utilizar calzado y guantes de seguridad como equipo de protección individual.

El trabajo en pasera exige en muchas de sus tareas, mantener una postura incómoda desde el punto de vista ergonómico. Por ello, se deberían alternar en la medida de lo posible la realización de ciertos quehaceres, así como realizar pausas durante el desarrollo de los mismos, que eviten trabajar al operario de forma continuada en una misma postura. No obstante, para conseguir una correcta realización de la posición en cuclillas (extensión y volteo de racimos), y que su práctica no origine dolores lumbares, es conveniente proporcionar a los operarios de la formación necesaria en lo que respecta a la higiene postural.

En cuanto a las fuertes condiciones meteorológicas que suelen acontecer en la realización de los trabajos de pasificación, sería beneficioso que los operarios beban frecuentemente agua con una pequeña solución de sal (1 cucharadita por litro de agua), para compensar las pérdidas de agua y sales por el sudor. También, es conveniente la aplicación previa al trabajo de protección solar a los rayos UVA, así como la utilización de sombreros o gorras para la cabeza.

Al conllevar estos trabajos de pasificación el manejo de productos finales que han sido tratados con productos fitosanitarios, es preciso lavarse las manos y la cara antes de comer o beber, para evitar intoxicaciones.

Igualmente, se debe reflejar la necesidad de colocación por parte del operario de guantes de seguridad, que eviten los accidentes provocados en la piel al tocar directamente el producto sin medios de protección. Se sugiere la revisión mensual del equipo completo de protección individual, para detectar las carencias de algunos implementos de seguridad. Asimismo, se recomendaría la instalación de unos aseos portátiles en el lugar de trabajo.

V-6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Castillo, V., Escalona, E., 2008. Mujeres en peligro en universidad venezolana. Salud de los Trabajadores 16(2), 17-28.
- Castillo, V., Escalona, E., 2009. Cuando el Trabajo en Oficinas se Percibe Pesado: Casos en una universidad venezolana. Salud de los Trabajadores 17(2), 107-120.
- CEDEM, 2005. Centro de Estudios para el desarrollo de la Mujer. Empleo y Condiciones de Trabajo en la Producción de Uva de Exportación en el Valle de Copiapó. Santiago de Chile: Autor. Disponible en: <http://www.dt.gob.cl/portal/1629/w3-article-89152.html> (acceso en 09/01/2019).
- Consejería de Agricultura y Pesca, 2003. Diagnóstico del Sector Vitivinícola en el Marco de Montilla-Moriles. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337165632Diagnxstico_del_sector_vitivincola_en_el_marco_de_Montilla_Moriles.pdf (acceso en 14/01/2019).
- Dewagan, K.N., Prasanna-Kumar, G.V., Tewari, V.K., 2005. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. Applied Acoustics 66, 1049-1062.
- Drillis, R., Contini, R., 1966. Body segment parameters (Technical Report, N° 116.03). School of Engineering and Science, New York: New York University.
- Escalona, E., Yonusg, M., González, R., Chatigny, C., Seifert, A., 2002. La ergonomía como herramienta para trabajadoras y trabajadores. Valencia: Universidad de Carabobo.
- García, O., Escalona, E., 2011. Diagnóstico participativo de las condiciones de trabajo y sus implicaciones a la salud de las aseadoras y aseadores de la UNELLEZ, San Carlos. En I. Medina, C. Morante & G. Molina (Eds.). XIX Jornadas Técnicas de Investigación y III de Postgrado "Investigar para transformar" (pp.196-203). San Carlos: UNELLEZ.
- Giménez, C., 1992. Trabajadores extranjeros en la agricultura española: enclaves y sus implicaciones. Estudios Regionales (31), 127-147.
- Hurst, P., 2007. Trabajadores agrícolas y su contribución a la agricultura y el desarrollo rural sostenibles. Ginebra: OIT. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO); Organización Internacional del Trabajo (OIT); Unión Internacional de los Trabajadores de la Alimentación,

Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines (UITA). Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-bp976s.pdf> (acceso en 09/01/2019).

- Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo, 2003. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a la Manipulación Manual de Cargas. Real Decreto 487/1997, de 14 de abril. B.O.E. Nº 97, de 23 de abril. Disponible: <http://www.insht.es/MusculoEsqueleticos/Contenidos/Formacion%20divulgacion/material%20didactico/GuiatecnicaMMC.pdf> (acceso en 09/01/2019).
- Luttmann, A., Jäger, M., Griefahn, B., 2004. Prevención de Trastornos Musculo esqueléticos en el Lugar de Trabajo. (Serie de protección de la Salud de los Trabajadores Nº 5). Ginebra: OMS. Disponible en: http://www.who.int/occupational_health/publications/en/pwh5sp.pdf?ua=1 (acceso en 09/01/2019).
- Malchaire, J., 2010. La estrategia SOBANE y la guía Déparis para la gestión participativa de los riesgos ocupacionales. Salud de los Trabajadores, 18 (2), 153-163.
- Manual de Prevención de Riesgos laborales en Jardinería. (s/f). Servicio de prevención de riesgos laborales, Parcs i Jardins de Barcelona. Barcelona. Institut Municipal. Disponible en: <http://www.prevencionlaboral.org/pdf/MANUALES-agropecuario/Manual%20de%20PRL%20en%20jardineria.pdf> (acceso en 09/01/2019).
- Martín, A., 2007. Acercamiento ergonómico a la salud laboral en la agricultura y en las industrias agroalimentarias. La Mutua, 17, 129-139.
- Oficina Internacional del Trabajo-OIT, 2000. Seguridad y Salud en la Agricultura. Disponible en: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_161137.pdf (acceso en 09/01/2019).
- Peinado, J., López de Lerma, N., Peralbo-Molina, A., Priego-Capote, F., de Castro, C., McDonagh, B., 2013. Sunlight exposure increases the phenolic content in postharvested white grapes. An evaluation of their antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae*. Journal Functional of Food 5, 1566-1575.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. BOE núm. 97, de 23 de abril de 1997. Referencia: BOE-A-1997-8668.

- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañen riesgos, en particular dorso lumbares, para los trabajadores. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. BOE núm. 97, de 23 de abril de 1997. Referencia: BOE-A-1997-8670.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. BOE núm. 188, de 7 agosto de 1997. Referencia: BOE-A-1997-17824.
- Ruiz, M.J., Moyano, L., Zea, L., 2014. Changes in aroma profile of must from grapes cv. Pedro Ximenez chamber-dried at controlled conditions destined to the production of sweet Sherry wine. *LWT – Food Science and Technology* 59, 560-565.
- Smedley, J., 2011. Diagnosis, management and prevention of occupational contact dermatitis. (Concise Guidance to Good Practice series, N°13). Londres: Royal College of Physicians, Faculty of Occupational Medicine, NHS Plus, British Occupational Health Research Foundation RCP, 2011.
- Vergizas-Valverde, M., Wendel de Joode., B., Rojas-Garbanzo., M., 2007. Metodologías participativas "Prevención de riesgos Laborales en la Agroindustria de la Caña de Azúcar". Programa Salud y Trabajo en América Central. Proyecto Salud y Seguridad en la producción de Caña de Azúcar. Disponible en: <http://www.repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/8593/seriesaludytrabajo5.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (acceso en 09/01/2019).

CAPITULO VI.

Summary (resumen) and general conclusions

CAPITULO VI. Summary (resumen) and general conclusions

VI-1. SUMMARY

One of the priorities of agricultural and environmental policies is to offer a solution to the challenges facing agriculture. Challenges such as: the improvement in sustainable management of natural resources, the mitigation of climate change, the increase in farm competitiveness facing a globalization scenario and the uncertainty of market prices, continue to be present in the proposals for reform of the Community Agricultural Policy (CAP) of the European Commission (EC). In this context, promoting a resilient agricultural sector, intensifying the conservation of the environment and climate action, and strengthening the socio-economic fabric of the vineyards of the Protected Designation of Origin of 'Montilla-Moriles', as a rural area, are the main objectives indicated by the EC for the preparation of the next CAP. This means committing to the provision of public goods and ecosystem services related to biodiversity, water and soil quality, climate action and conservation aspects related to the landscape.

Sustainable agriculture, which meets the demands of the growing world population, predicted by FAO, should be more productive and efficient in resources. Integrating the conservation of natural resources by ensuring and improving biodiversity and the existence of more natural habitats, while it consolidates as an ideal tool to mitigate the negative effects of climate change.

In this context, and within the latest proposals for a regulation of the European Parliament and the Council, which establishes the rules for the strategic plans of the CAP, building more performance-oriented policies is envisaged, and for this, have a set of indicators that allow evaluating the compliance and effectiveness of these policies in the progress towards sustainable, productive and competitive agriculture. In the interests of achieving a more competitive and sustainable production of wine products, the five chapters of these themes are addressed.

Chapter I presents a characterization of the vineyard in the PDO. 'Montilla-Moriles', which reflects the crisis that the wine sector has suffered in the last decades and as a consequence, the decrease in area destined to be vineyards. Factors such as the low price of the grape, the aging of the plantations, and the existence of other alternatives of cultivation, have been responsible for the decline of almost 70% of the areas destined to be vineyards in the last half century. Therefore, and taking into account the current challenges of agriculture in the new CAP, the sustainability of the vineyard farms should be evaluated.

In Chapter II, a validated methodology of sustainability indicators (basic, aggregated indicators and composite index), called INSPIA (Initiative for Sustainable Productive Agriculture) is proposed. This tool is particularly valuable to farmers who can then evaluate the degree of sustainability at the farm level, whether it is annual, permanent or mixed crops, and identify which of the best management practices (BMPs) should be utilised and more implemented in the fields. The list of BMPs consists of 15 practices, some of which refer to soil conservation management, while others aim at the optimization of inputs and their application, and finally there are others focused on improving the agri-environment while protecting the natural capital.

Likewise, the effectiveness of the BMPs is determined annually on the farm through "the 31 basic sustainability indicators". The indicators aim to identify which farming practices should be introduced or promoted in the strategic planning of farm management, so as to improve the overall farm sustainability in future agricultural seasons. BMPs are aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) of the United Nations, and are indicated in the 2030 agenda which covers the three dimensions of sustainable development: economic, social and environmental.

The INSPIA methodology provides a composite sustainability index, between 0 and 100, where the basic indicators are combined into aggregated components (level 1 and 2), and are finally weighted and integrated into equity, in the three dimensions of sustainability.

In Chapter III of the thesis, the agricultural sustainability is evaluated through the application of the INSPIA methodology to a mixed farm of vineyard and olive groves, belonging to the PDO. 'Montilla-Moriles' during five agricultural seasons (2013/2014- 2017/2018). The results of the basic and aggregated indicators and the composite index of each of the 5 evaluated agricultural seasons, offer a fairly approximate BMPs roadmap according to the achieved sustainability degrees. In practice, due to the increase in some of the BMPs implementation degrees during the first four seasons, an improvement of the INSPIA Sustainability Final Composite Index of 16.4% has been determined. In this context, the INSPIA methodology can help guarantee the introduction of advanced sustainable production systems for vineyard management. This is an improvement contemplated in the latest reform of the common organization of the wine sector.

The results of the indicators obtained throughout the five agricultural seasons and their evolution, have demonstrated the importance of certain farming practices regarding the protection of natural resources, biodiversity, agricultural productivity, and the capacity to mitigate climate change. In particular, this chapter

demonstrates the suitability of groundcover, arranged between the streets of the main crop (either vineyard or olive grove), in the fight against soil-erosion during the period of greatest risk of rainfall. Reductions of 54.7% in the basic indicator monitoring the soil cover are related to increases in the erosion risk indicator of 64.7%. The higher values in the organic matter content are also observed as a consequence of the reduction of tillage. That is, increases of 66.6% in the value of the indicator corresponding to the content of organic matter are observed, once having reduced the soil tillage indicator in a 41.4%. In addition, the climate change mitigation capacity that certain agricultural practices such as 'no-tillage' have, is justified through the basic indicators' values related to the greenhouse gases established in the methodology. The tillage action favours the production and accumulation of CO₂ in the soil porous structure through the organic matter mineralization process. The mechanical tillage breaks down the soil aggregates, releasing the CO₂ that was trapped inside, causing its emission to escape in to the atmosphere. Increases of 70% on the tillage indicator cause growths of 63% in the balance of greenhouse gas emissions in to the atmosphere. This is not only due to the oxidation of the soil carbon after coming in contact with the air oxygen, but also to the increase of the fossil-fuels that occur when tillage operations are present.

Once, the farming practices that are implemented in a standard farm belonging to the PDO. 'Montilla-Moriles' are evaluated, in Chapter IV, different techniques are studied to improve the process of grape drying for the elaboration of sweet wine. Traditionally, grape drying is conducted by direct exposure of bunches of grapes to the sunlight, but it is done, on a mesh, in slightly inclined terrains so as to favour runoff, which is called 'paseras'. Grapes are left to dry in the 'paseras' until approximately a 50% dehydration of the berry is achieved. This dehydration is related to an increase in the concentration of sugars, easily exceeding the minimum established in the Regulation of the Regulatory Board of 272 g/l, and even, sometimes by doubling in sugar concentration in the area where 'Montilla-Moriles' is situated.

In a first test, four more variants to the traditional drying method are tested: elevated 'pasera' surfaces with mesh (S_{EM}); elevated 'pasera' surfaces with mesh covered under non-perforated plastic greenhouse (S_{EMIP}); traditional method under non-perforated plastic directly over the fruit (S_{MP}); and lastly, grape bunches over a sheet metal panel (S_C). The use of sheet metal panels seems to be effective when there are high temperatures. However, with adverse weather conditions, the system composed of elevated 'pasera' surfaces with mesh covered under non-perforated plastic greenhouse offers promising results in terms of the evolution of sugar concentration. While the traditional system directly covered with non-perforated

plastic over the fruit does not give good results, because the condensation moisture prevents evaporation. Finally, it is concluded that raising the soil mesh does not help the process, because the heat influence of the soil is not taken as an advantage in fruit drying.

The first tests that covered systems offer interesting results for dehydration and grape drying. Therefore, experimenting with 3 variants of greenhouses and plastics is proposed, discarding the systems that had unfavourable results. During the second tests, which accompany the traditional method (S_M): traditional mesh surfaces over sheet metal panel covered by non-perforated plastic greenhouse (S_{CMIP}), traditional mesh surfaces over sheet metal panel covered by perforated plastic greenhouse (S_{CMIPPP}) and, finally, traditional mesh surfaces over sheet metal panel covered with perforated plastic directly on the fruit (S_{CMPPP}). The traditional grape drying method is verified again as the most favourable system with respect to the concentration of sugars, Baumé degree es, and also regarding the grape state of health, studied during these second tests. The moisture retention that occurs in the three variants that experiment with cover systems, either with greenhouse or with plastics directly over the fruit, favour the production of gluconic acid in the grape, originating the development of fungi.

Also, a tasting panel of five wine tasters conducted a sensory analysis of the quality of the must elaborated with raisin samples obtained from the four of the tested systems, as part of the second trials. After studying several requirements such as, the general impression of the samples, their reproducibility, the proximity of the sample to the reference and finally which are the best Pedro Ximénez wines with respect to the sample, the marked disaggregation of the results is highlighted. For the two early field tests, it was the traditional system, when covered by the non-perforated plastic greenhouse (S_{CMIP}), and the traditional system, covered by perforated plastic directly on the fruit (S_{CMPPP}), the ones that created the best results. Whereas, for the latest field test, the best system was the traditional one covered by perforated plastic greenhouse (S_{CMIPPP}).

Finally, and to strengthen the social fabric of the farms where the grapes dehydration and drying is taking place for the elaboration of sweet wines, in Chapter V, an objective balance of the work situation of the workers in the 'paseras' has been made. This characterises the working conditions and helps identify improvements. The fruit dehydration and drying process tasks have been characterized through the modified Déparis method.

Three appreciation levels were determined in the research and were observed in a differentiated way by men and women groups: 'unsatisfactory situation'; 'medium

and ordinary situation'; and 'satisfactory situation'. Differences were observed between the men and the women who make up the sample of the surveyed labour group. For men workers, almost 78% of the items studied were identified as 'unsatisfactory' and 'moderately satisfactory' in the ergonomic study. While, for women workers, the sum of these two levels of appreciation slightly exceeded 72%, identifying as less dangerous, factors such as: "the accidents risk", "the tools and work material", and "the handling of loads" that is not eligible for them. Factors evaluated with the 'unsatisfactory' assessment, such as "load handling" and "posture positions" require urgent changes and improvements for the development of their work. The existence of weaknesses in the designs of the jobs causes the workers to assume inadequate positions that generate musculoskeletal problems. With regard to the aspects classified as 'satisfactory', no differences were observed between men and women except for the "handling of loads" that does not apply to the female sample.

From the study of the observed postures (dynamic and functional anthropometry), by homogeneous groups, improvements are proposed to correct the work situation such as: adaptation of working hours, alternation of tasks, establishment of the needed road signs and signals, provision of individual protection equipment, and provision of mechanical aids for internal transport and elevated platforms.

The improvements contemplated both in Chapter IV and V contribute to the optimization of the dehydration and grape drying process and, as a consequence, to the global development of the wine sector that takes place in the PDO. 'Montilla-Moriles'.

VI-2. RESUMEN

Una de las prioridades de las políticas agrarias y medioambientales es ofrecer solución a los desafíos a los que se enfrenta la agricultura. Retos tales como: la mejora en gestión sostenible de los recursos naturales, la mitigación del cambio climático, el aumento de la competitividad de las explotaciones agrarias ante un escenario de globalización e incertidumbre de precios de mercado, continúan presentes en las propuestas de reforma de la Política Agrícola Comunitaria (PAC) de la Comisión Europea (CE). En este contexto, promover un sector agrícola resiliente, intensificar la conservación del medio ambiente y la acción por el clima, y fortalecer el tejido socioeconómico de las explotaciones vitivinícolas de la Denominación de Origen Protegida de 'Montilla-Moriles', como zona rural, son los principales objetivos señalados por la CE en aras a la preparación de la próxima PAC. Esto significa comprometerse con la provisión de bienes públicos y de servicios ecosistémicos

relacionados con la biodiversidad, la calidad del agua, el suelo, la acción por el clima y los aspectos de conservación relacionados con el paisaje.

Una agricultura sostenible, que atienda las demandas de la creciente población mundial, vaticinada por la FAO, deberá ser más productiva y eficiente en recursos, e integrar la conservación de los recursos naturales asegurando y mejorando la biodiversidad y la existencia de más hábitats naturales, a la vez que se va consolidando como herramienta idónea para mitigar los efectos negativos del cambio climático.

En este contexto, y dentro de la última propuesta de reglamento del Parlamento Europeo y del Consejo, que establece las normas para los planes estratégicos de la PAC, se contempla construir políticas más orientadas hacia el rendimiento, y para ello, contar con un conjunto de indicadores que permitan evaluar el cumplimiento, la eficacia y la efectividad de dichas políticas en el progreso hacia la agricultura sostenible, productiva y competitiva. En aras a conseguir una producción de productos vitivinícolas más competitiva y sostenible, se abordan los cinco capítulos de estas tesis.

El capítulo I presenta una caracterización del viñedo en la DOP. 'Montilla-Moriles', en el que se refleja la crisis que ha sufrido el sector vitivinícola en las últimas décadas y por consiguiente el descenso de superficie destinada a viñedo. Factores como el bajo precio de la uva, el envejecimiento de las plantaciones, y la existencia de otras alternativas de cultivo, han sido los responsables de la merma de casi el 70% de la superficie de viñedo en la última mitad de siglo. Por ello, y teniendo en cuenta los desafíos actuales de la agricultura en la nueva PAC, se desea evaluar la sostenibilidad de las explotaciones vitivinícolas.

En el capítulo II, se propone una metodología validada de indicadores de sostenibilidad (básicos, agregados e índice compuesto), denominada INSPIA (Initiative for Sustainable Productive Agriculture). Esta herramienta es muy valiosa para que los agricultores puedan evaluar el grado de sostenibilidad a nivel de finca, bien sea de cultivos anuales, permanentes o mixtas, e identificar qué buenas prácticas agrarias (BPAs) deben introducirse o incrementar su implementación en el campo. La lista de BPAs se componen de 15 prácticas entre las cuales, algunas aluden a manejos de conservación de suelo, mientras que otras, apuntan a la optimización de insumos y su aplicación, y por último otras, se centran fundamentalmente en mejorar el medio circundante del espacio agrario protegiendo el capital natural.

Asimismo, la efectividad de las BPAs consideradas se determina anualmente en la finca a través de los 31 indicadores básicos de sostenibilidad. Los resultados de los

indicadores pretenden identificar qué prácticas agrarias se deben incorporar o potenciar en la planificación estratégica de gestión de la finca para mejorar la sostenibilidad global de la explotación en futuras campañas. Las BPAs están alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, indicados en la Agenda 2030, integrándose en las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, social y ambiental.

La metodología INSPIA ofrece un índice compuesto final de sostenibilidad, entre 0 y 100, para el cuál se combinan los indicadores básicos en componentes agregados (nivel 1 y 2), que finalmente son ponderados e integrados en equidad en las tres dimensiones de sostenibilidad.

A continuación, en el capítulo III de la tesis, se evalúa la sostenibilidad agraria a través de la aplicación de la metodología INSPIA a una explotación vitivinícola, mixta, de viñedo y olivar, perteneciente a la DOP. 'Montilla-Moriles' durante cinco campañas agrícolas (2013/2014 - 2017/2018). Los resultados de indicadores, básicos, agregados e índices de cada una de las 5 campañas evaluadas ofrecen una hoja de ruta de BPAs bastante aproximada según los grados de sostenibilidad conseguidos. En concreto, debido al aumento de los grados de implementación de algunas BPAs durante las primeras cuatro campañas, se ha determinado una mejora del índice Compuesto Final de Sostenibilidad INSPIA del 16,4%. En este contexto, la metodología INSPIA puede ayudar a garantizar la introducción de sistemas avanzados de producción sostenible para la gestión del viñedo, como mejora contemplada en la última reforma de la organización común de mercados del sector vitivinícola.

Los resultados de los indicadores obtenidos a lo largo de las cinco campañas, y su evolución han demostrado la importancia que poseen determinadas prácticas agrarias con respecto a la protección de los recursos naturales, la biodiversidad, la productividad agraria, e incluso la capacidad de mitigadora del cambio climático. De manera particular, en este capítulo se demuestra la idoneidad que tienen las cubiertas vegetales, dispuestas entre las calles del cultivo principal (bien sea viñedo u olivar), en la lucha contra la erosión de suelo durante la época de mayor riesgo de lluvia. Reducciones del 54,7% en el indicador básico de cobertura de suelo se relacionan con aumentos del indicador de riesgo de erosión del 64,7%. Por otro lado, también se obtienen mayores valores en el contenido de materia orgánica como consecuencia de la disminución del laboreo. Es decir, incrementos del 66,6% en el valor del indicador correspondiente al contenido de materia orgánica se comprueban tras haber obtenido reducciones del 41,4% en el indicador de laboreo del suelo. Asimismo, la capacidad mitigadora del cambio climático que poseen

prácticas agrícolas como el 'no laboreo', se justifican a través de los indicadores básicos relacionados con los gases efecto invernadero establecidos en la metodología. La acción del laboreo favorece la producción y acumulación de CO₂ en la estructura porosa del suelo mediante los procesos de mineralización de la materia orgánica. El laboreo mecánico rompe los agregados del suelo, liberándose el CO₂ que estaba atrapado en su interior, provocándose su emisión a la atmósfera. Aumentos observados del 70% en el indicador de laboreo originan incrementos del 63% en el balance de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera. Esto, no es sólo como consecuencia de la oxidación del carbono del suelo tras ponerse en contacto con el oxígeno del aire, sino al aumento de combustibles fósiles necesario para la labranza.

Una vez evaluadas las prácticas agrarias que se llevan a cabo en una finca estándar perteneciente a la DOP. 'Montilla-Moriles', en el capítulo IV, se estudian diferentes técnicas para mejorar el proceso de pasificación y secado de la uva, para la elaboración de vino dulce. De manera tradicional, el asoleo de la uva se realiza por exposición directa de la uva al sol, sobre malla extendida en terrenos ligeramente inclinados para favorecer la escorrentía, denominados 'paseras'. La uva se deja secar en las paseras, hasta que se consigue una deshidratación de aproximadamente el 50% de la baya. Esta deshidratación lleva asociada un aumento de la concentración en azúcares, superándose fácilmente el mínimo establecido en el Reglamento del Consejo Regulador de 272 g/l, e incluso llegando a concentrar los azúcares al doble con mucha facilidad en la zona de 'Montilla-Moriles'.

En un primer ensayo, además del método tradicional de asoleo (S_M) se ensayan cuatro variantes más: las extensiones de pasera elevada con malla (S_{EM}); malla elevada bajo invernadero de plástico sin perforar (S_{EMIP}); método tradicional bajo plástico sin perforar directamente sobre el fruto (S_{MP}), y por último con chapa metálica (S_C). Se observa que la utilización de chapa metálica es eficaz cuando existen altas temperaturas. Sin embargo, en condiciones meteorológicas adversas, el sistema de pasera elevada con malla y bajo invernadero de plástico sin perforar es el que ofrece mejores resultados en cuanto a la evolución en la concentración de azúcares. Mientras que el sistema tradicional bajo plástico sin perforar directamente sobre el fruto no brinda buenos resultados, debido a que la humedad de condensación impide la evaporación. Por último, se observa que elevar la malla del suelo tampoco favorece el proceso ya que no se aprovecha la influencia de calor que el suelo realiza sobre los frutos.

Una vez demostrado durante estos primeros ensayos que los sistemas de cobertura podían ofrecer resultados interesantes para la pasificación de la uva, se propone experimentar con tres variantes de invernaderos y plásticos, descartando los sistemas que tuvieron resultados desfavorables. Por ello, durante estos segundos ensayos, se plantean además del método tradicional (S_M): extensiones de malla tradicional sobre chapa cubierta por invernadero con plástico sin perforar (S_{CMIP}), malla tradicional sobre chapa cubierta por invernadero con plástico perforado (S_{CMIPp}) y, por último, malla tradicional sobre chapa con plástico perforado directamente sobre el fruto (S_{CMPPp}). Se comprueba que vuelve a ser el método de asoleo tradicional el más favorable con respecto a la concentración de azúcares, grados Baumé, y en cuanto al estado sanitario estudiado durante estos segundos ensayos. La retención de humedad que se produce en las tres variantes experimentadas que poseen sistemas de cobertura, bien sea con invernadero o con plásticos directamente sobre los frutos, favorecen la producción de ácido glucónico en la uva, originándose el desarrollo de hongos.

Asimismo, un panel de cata formado por cinco catadores determina a través de una comparación objetiva, un análisis sensorial de la calidad de los mostos obtenidos con las muestras de uvas pasas obtenidas según los cuatro sistemas estudiados en los segundos ensayos. En este contexto, y tras estudiar varios requisitos como, la impresión general de las muestras, su reproducibilidad, la proximidad de la muestra a la referencia y finalmente cuáles son los mejores vinos Pedro Ximénez con respecto a la muestra, se resalta la marcada disgregación de resultados. En las dos primeras extensiones, se trata de los sistemas que cubren con invernadero y plástico sin perforar y el sistema de plástico perforado directamente sobre las uvas, los que mejores resultados ofrecen, mientras que, para la tercera extensión, destaca el sistema que conjuga el invernadero con plástico perforado.

Finalmente, y para fortalecer el tejido social de las explotaciones donde se asolea la uva para la posterior elaboración de los vinos dulces, en el capítulo V, se ha realizado un balance objetivo de la situación de trabajo de los trabajadores de las paseras, caracterizando las condiciones de trabajo e identificado mejoras. A través del método Déparis modificado se han caracterizado las tareas del proceso de pasificación y secado del fruto. Se determinaron tres niveles de apreciación en la investigación y fueron observados de manera diferenciada por los colectivos de hombres y de mujeres: '*situación insatisfactoria*'; '*situación mediana y ordinaria*'; y '*situación satisfactoria*'. Se observaron diferencias entre los hombres y las mujeres que integran la muestra del colectivo laboral encuestado. Para los trabajadores, casi el 78% de los ítems estudiados se identificaron como '*insatisfactorios*' y '*moderadamente satisfactorios*' en el estudio ergonómico. Mientras que, para las

trabajadoras, la suma de estos dos niveles de apreciación superaba ligeramente el 72%, identificando como menos peligrosos factores como: "el riesgo de accidentes", "las herramientas y el material de trabajo", y "la manipulación de cargas" que en ellas no procedía. Los factores evaluados con la apreciación 'insatisfactorios', tales como "la manipulación de cargas" y "las posiciones posturales" requieren de cambios urgentes y mejoras para el desarrollo de su trabajo. La existencia de debilidades en los diseños de los puestos de trabajo provoca que los trabajadores puedan asumir posturas inadecuadas que generen problemas músculo-esqueléticos. Con respecto a los aspectos clasificados como 'satisfactorios', no se observan diferencias entre la muestra de hombres y mujeres a excepción de la "manipulación de cargas" que no procede para la muestra femenina.

Del estudio de las posturas observadas (antropometría dinámica y funcional), por grupos homogéneos se proponen mejoras para corregir la situación de trabajo tales como: adecuación del horario de trabajo, alternancia de quehaceres, establecimiento de la señalización necesaria, disposición de los equipos de protección individual, y disposición de ayudas mecánicas para el transporte interno y plataformas elevadoras.

Las mejoras contempladas tanto en el capítulo IV como V contribuyen a la optimización del proceso de pasificación y como consecuencia al desarrollo global del sector vitivinícola que tiene lugar en la DOP. 'Montilla-Moriles'.

VI-3. GENERAL CONCLUSIONS

In order to achieve an improvement in agricultural sustainability, taking into account the agricultural practices that are carried out in a wine-making farm, whilst respecting to the technical and ergonomic improvements in the solar drying dehydration process of the grape, the following conclusions of the thesis are listed below:

- 1.- The INSPIA methodology assesses sustainability in agriculture. It is applicable to both annual and permanent crops. INSPIA provides with a solid methodology that can be adapted to different agroclimatic regions, to evaluate the impacts of different farming practices.
- 2.- The INSPIA methodology helps farmers improve their economic, social and environmental management. The results obtained after its application facilitate farmers' decision-making and make them more aware of their weaknesses and, above all, their strengths.

3.- The feasibility of the INSPIA design has been confirmed in the field, given that the greater the number of best management practices implemented in the field, the greater the value of the sustainability indicators. Likewise, the basic indicators' value decrease on the farm is associated with a lower degree of best management practices (BMPs) implementation. The study of the best management practices implementation degree through the environmental, social and economic basic indicators provides with a fairly approximate road map, highlighting the farming practices that should be greater implemented on the farm to improve its sustainability, and therefore, its composite sustainability index.

4.- The application of the INSPIA methodology and its veracity with respect to best management practices are aligned with the current framework in agricultural and environmental policies, in which farmers' environmental requirements are becoming increasingly demanding.

5.- The farmers' interest in bestmanagement practices has been demonstrated in the field, since the selected farm has been sensitive to the implementation of most of the BMPs suggested in INSPIA. However, the farmer has shown less interest in those related to soil management.

6.- Considering the traditional nature of agricultural activity, sudden and abrupt changes in the degree of implementation of farming practices should not be expected. These movements in favour of greater agricultural sustainability should be accompanied by continuous training and correct dissemination of the progress made.

7.- Manifold factors intervene in the grape's dehydration process. However, it can be concluded that, with favourable weather conditions, it is difficult to choose an alternative process to the traditional process of solar drying, which accelerates the dehydration of the fruit obtained, improving aspects such as sugar concentration and others related to the sanitary state of the fruit. However, the grape drying system with greenhouse offers promising results under adverse weather conditions, and even helps mitigate the impact of the weather events that may occur in field.

8.- The use of greenhouses for the grape dehydration needs natural or forced ventilation of the structure in order to reduce the relative humidity. The reduction in time of this process can be justified under the use of greenhouses, especially with mild temperatures and rainfall episodes.

9.- To move the task of grape spreading forward tends to favour and accelerate the process of dehydration and drying, since the solar radiations are higher. However, a period of time of at least 6-7 sunshine days is necessary to obtain the must.

10.- From the ergonomic and preventive security assessment of the working conditions in the 'paseras' (surfaces for grape drying and dehydration), more than 75% of the aspects studied are considered between unsatisfactory and moderately satisfactory.

11.- The repetitive and continuous movements prolonged in time, the level of effort, the adoption of forced postures and the manual handling of loads, constitute risk factors that are related to skeletal muscle injuries indicated by the workers. In this context, the squatting position when spreading the fresh grapes, turning the bunches and picking up the raisined grapes, is the most forced and uncomfortable position in the 'paseras' tasks.

12.- The high temperatures, the absence of shadows in the workplace, the low atmospheric humidity in the province of Córdoba, conducive to sun drying and dehydration of the grape, make the working conditions of its workers are heavy and precarious. This agricultural task entails a continuous production and a routine physical labour being able to become monotonous.

Anexo I.

Listado de indicadores de sostenibilidad INSPIA

Name: Net income per hectare.

No. 1

Definition:

The net farm income is an indicator defined by the OECD (2001) as the difference between the value of gross output and all expenses incurred through the operation of a farm, at the farm level from agricultural activities (Gómez-Limón, 2010).

The net farm income is calculated by subtracting the expenses from the gross output that occurred during a specified accounting period. In fact, this will be, with slight differences, the concept used for the measurement of the net income of the producers.

Method of calculation:

Crop incomes, such as agricultural subsidies established by the Common Agricultural Policy, are necessary in order to calculate the gross farm income. On the other hand, the value of intermediate consumption or variable production costs related to agricultural activity include seeds, fertilizers, energy, labour costs, etc.

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i [(CY_i \times P_i) - VC_i] A_i + Sub}{A_T}$$

Where:

CY_i: Crop yield (t/ha) of each plot

P_i: Selling value of a product (€/t)

VC_i: Variable crop costs (€/ha)

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha)

Sub: Agricultural subsidies (€)

A_T: Total area considered (ha). Usable agricultural area (UAA).

The alternative method of calculation without taking into account the subsidies is:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i [(CY_i \times P_i) - VC_i] A_i}{A_T}$$

Where:

CY_i: Crop yield (t/ha) of each plot

P_i: Selling value of a product (€/t)

VC_i: Variable crop costs (€/ha)

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha)

Sub: Agricultural subsidies (€)

AT: Total area considered (ha). Without set aside areas.

Interpretation:

The study of several indicator events over time all allows a financial feasibility analysis of the farm. If repeated negative results are given, it could be concluded that the activity is not economically sustainable.

When the subsidies are added to the calculations, they may change the farm management result. A part of the subsidies will determine the farm management and consequently its productive potential though. For instance, a subsidy associated to a fallow or to a cover crop in certain area of the plot implies a yield reduction.

To compare different management systems without any subsidies influence, the same formula is applied but the subsidies and only the cultivated area is considered.

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers.

CY_i: Crop yield (t/ha) of each plot. Data obtained in a farmers' survey.

P_i: Selling value of a product (€/t). Data obtained through a survey conducted to farmers.

VC_i: Variable crop costs (€/ha). The costs depend on the operations on the plot and on the following inputs:

Fuel consumption costs (Fidalgo, 2005)

Seed costs

Fertilizers and plant protection products costs

Labour costs

Machinery Equipment costs

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha). Data obtained through a survey conducted to farmers.

Sub_i: Agricultural subsidies (€). Data obtained through a survey conducted to farmers.

A_T: Total considered area (ha). Data obtained through a survey conducted to farmers.

Fuel consumption

The Spanish Institute for Energy Diversification and Saving (IDAE), based on studies of consumption of agricultural machinery, proposes the method of calculation of the consumption per hour (l/h) of tractor fuel in agricultural work as:

$$C_h = A \times T \times P \times M \times 0.6 \times (n_m / 2,400) + 0.04 \times 0.333 \times N$$

Where:

C_h = consumption per hour (l/h).

n_m = nominal speed of the engine (rpm)

0,333 = Average coefficient of specific fuel consumption of tractors (l/kW·h).

N = Rated power of the tractor (kW).

A = Implement factor. Tabulated value which corresponds to implements of high requirements (subsoiler, mouldboard plough, chisel, spring cultivator and direct seed drill); medium requirements (plough, milling machine, cultivator, harrow, single drill, atomizer, mower conditioner, loaded trailer); and low requirements (roller, seed drill, locating fertilizer, centrifugal fertilizer, manure distributor trailer, hydraulic sprayer, rotary mower, swather rake, packer and empty trailer). The division has been made according to the consumption per hour in average conditions of each tested farming implement device.

T = Texture factor. Tabulated values which correspond loose textures to sandy loam; medium to medium loam and to clay loam; and strong to clay loam.

P = Depth factor. Tabulated values which correspond superficial work to work on the surface of the land or for depth values smaller than 5 cm; shallow depth to below average tillage conditions; medium depth; and great depth to above average tillage conditions.

M = Gear factor. Tabulated values that correspond to low gears (1st, 2nd), intermediate gears (3rd, 4th) and high gears (5th, 6th and 7th).

The consumption per hour of fuel can help us to calculate the consumption per hectare (l/ha), using the equation: $Ch_a = C_h \times 10 / (a \times v)$

Where:

A = width of the farming implement device (m).

V = working speed (km/h). It can be estimated according to the following table:

IMPLEMENT FACTOR (A)		TEXTURE (T)		DEPTH (P)		GEAR (M)		V(km/h) 1500-2000- 2500 rpm
Low requirement	0.56	Medium	1.00	Superficial	1.00	Low	0.84	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	0.96	3.6-4.7-5.9
						High	1.11	5.7-6.8-8.0
				Shallow	0.89	Low	0.82	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	1.10	3.6-4.7-5.9
						High	1.26	5.7-6.8-8.0
				Medium	1.02	Low	0.84	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	1.02	3.6-4.7-5.9
						High	1.29	5.7-6.8-8.0
				Great	1.14	Low	0.79	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	1.02	3.6-4.7-5.9
						High	1.21	5.7-6.8-8.0
Medium requirement	0.82	Loose	0.92	Superficial	1.00	Low		1.5-2.7-3.8
						Intermediate		3.6-4.7-5.9
						High	0.96	5.7-6.8-8.0
				Shallow	0.75	Low		1.5-2.7-3.8
						Intermediate	0.96	3.6-4.7-5.9
						High	1.02	5.7-6.8-8.0
				Medium	1.08	Low		1.5-2.7-3.8
						Intermediate	0.94	3.6-4.7-5.9
						High	1.05	5.7-6.8-8.0
		Great	1.26	Low		1.5-2.7-3.8		
				Intermediate	0.92	3.6-4.7-5.9		
				High	1.08	5.7-6.8-8.0		
		Medium	1.02	Superficial	1.00	Low	0.71	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	1.04	3.6-4.7-5.9
						High	1.23	5.7-6.8-8.0
				Shallow	0.79	Low	0.85	1.5-2.7-3.8
						Intermediate	0.98	3.6-4.7-5.9
						High	1.11	5.7-6.8-8.0
Medium	1.08			Low	0.74	1.5-2.7-3.8		
				Intermediate	1.06	3.6-4.7-5.9		

IMPLEMENT FACTOR (A)		TEXTURE (T)		DEPTH (P)		GEAR (M)		V(km/h) 1500-2000- 2500 rpm		
				Great	1.11	High	1.08	5.7-6.8-8.0		
						Low	0.78	1.5-2.7-3.8		
						Intermediate	1.04	3.6-4.7-5.9		
								High	1.17	5.7-6.8-8.0
				Strong	1.17	Superficial	1.00	Low	0.46	1.5-2.7-3.8
								Intermediate		3.6-4.7-5.9
								High		5.7-6.8-8.0
						Shallow		Low		1.5-2.7-3.8
								Intermediate		3.6-4.7-5.9
		High						5.7-6.8-8.0		
		Medium	0.92			Low	1.00	1.5-2.7-3.8		
						Intermediate		3.6-4.7-5.9		
						High		5.7-6.8-8.0		
		Great	1.14	Low		1.5-2.7-3.8				
				Intermediate	1.00	3.6-4.7-5.9				
				High		5.7-6.8-8.0				
		High requirement	1.02	Loose	0.96	Superficial		Low		1.5-2.7-3.8
								Intermediate		3.6-4.7-5.9
								High		5.7-6.8-8.0
						Shallow	0.86	Low	0.69	1.5-2.7-3.8
								Intermediate	0.98	3.6-4.7-5.9
								High	1.29	5.7-6.8-8.0
						Medium	1.04	Low	0.98	1.5-2.7-3.8
								Intermediate	1.02	3.6-4.7-5.9
High	0.87							5.7-6.8-8.0		
Great	1.23			Low		1.5-2.7-3.8				
				Intermediate	0.94	3.6-4.7-5.9				
				High	1.11	5.7-6.8-8.0				
Medium	0.96			Superficial	1.00	Low		1.5-2.7-3.8		
						Intermediate	0.70	3.6-4.7-5.9		
						High	1.05	5.7-6.8-8.0		
				Shallow	0.93	Low	0.70	1.5-2.7-3.8		

IMPLEMENT FACTOR (A)		TEXTURE (T)		DEPTH (P)		GEAR (M)		V(km/h) 1500-2000- 2500 rpm		
						Intermediate	1.02	3.6-4.7-5.9		
						High	1.20	5.7-6.8-8.0		
						Medium	1.00	Low	0.75	1.5-2.7-3.8
								Intermediate	1.02	3.6-4.7-5.9
						Great	1.14	High	1.17	5.7-6.8-8.0
								Low	0.67	1.5-2.7-3.8
				Strong	1.29	Superficial		Intermediate	1.04	3.6-4.7-5.9
								High	1.26	5.7-6.8-8.0
								Low		1.5-2.7-3.8
						Shallow		Intermediate		3.6-4.7-5.9
								High		5.7-6.8-8.0
								Low		1.5-2.7-3.8
		Medium	1.00			Low	0.60	1.5-2.7-3.8		
						Intermediate	1.12	3.6-4.7-5.9		
						High	1.05	5.7-6.8-8.0		
		Great	1.11			Low		1.5-2.7-3.8		
						Intermediate		3.6-4.7-5.9		
						High	0.99	5.7-6.8-8.0		

References:

- Fidalgo, J.A.B, Santamarta, P.P. Martínez, M.S.C., 2005. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España (Energy consumption in agricultural operations in Spain). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
- Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators, Ecological Economics 69, Issue 5, Pages 1062-1075, ISSN 0921-8009.
- OECD, 2001. Organization for Economic Co-operation and Development: Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.

Name: Net income per annual work unit (AWU)

No. 2

Definition:

It is the income obtained per work unit. It indicates which crops and managements are more efficient in the use of labour.

Derivative of the net income per hectare (Indicator 01) is based on the net farm income indicator (OECD, 2001). It is the difference between the value of gross output and all expenses incurred through the operation of a farm, including depreciation at the farm level from agricultural activities. The profit per work unit is the net farm income divided by the number of (annual) work units that correspond to the work performed by one person who is occupied on an agricultural holding on a full-time basis (1800 h) during a specified accounting period (one year).

Method of calculation:

Both crop incomes, and farm subsidies established by Common Agricultural Policy, are necessary in order to calculate the gross farm income. On the other hand, the value of intermediate consumption or variable production costs include seeds, fertilizers, energy, labour costs, etc.

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \left[\frac{\sum_i [(CY_i \times P_i) - VC_i] A_i + Sub_i}{A_t} \right] / \frac{\sum_i (T_i \times O_i) A_i}{1800 A_t}$$

Where:

CY_i: Crop yield (t/ha) of each plot

P_i: Selling value of a product (€/t)

VC_i: Variable crop costs (€/ha)

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha)?

Sub_i: farm subsidies (€)?

A_T: Total area considered (ha). Usable agricultural area (UAA)

T_i: time taken to perform an operation (h/ha)

O_i: Operations performed on the plot

The method of calculation without subsidies is:

$$\text{Indicator} = \left[\frac{\sum_i [(CY_i \times P_i) - VC_i] A_i}{A_t} \right] / \frac{\sum_i (T_i \times O_i) A_i}{1800 A_t}$$

Where:

CY_i: Crop yield (t/ha) of each plot

P_i : Selling value of a product (€/t)

VC_i : Variable crop costs (€/ha)

A_i : Area assigned to the crop/plot (ha)?

A_T : Total area considered (ha). Usable agricultural area (UAA)

T_i : time taken to perform an operation (h/ha)

O_i : Operations performed on the plot

Interpretation:

The net income per work unit gives an indication on how the labour factor is used in the farm. The more value of indicator, the less work is used in management.

Information source:

Data obtained in a survey conducted to farmers.

CY_i : Crop yield (t/ha) of each plot.

P_i : Selling value of a product (€/t).

VC_i : Variable crop costs (€/ha). The costs depend on the operations on the plot and on the following inputs:

Fuel consumption costs. (€/ha) See Indicator 1

Seed costs (€/ha).

Fertilizers and plant protection products costs (€).

A_i : Area assigned to the crop/plot (ha).

Sub_i : farm subsidies (€).

A_T : Total area considered (ha).

References:

- Fidalgo, J.A.B., Santamarta, P.P., Martínez, M.S.C., 2005. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España (Energy consumption in agricultural operations in Spain). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators, Ecological Economics 69, Issue 5, Pages 1062-1075, ISSN 0921-8009.
 - OECD, 2001. Organization for Economic Co-operation and Development. Environmental Indicators for Agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.
-

Name: Production costs per hectare

No. 3.

Production cost per hectare is the value of intermediate consumption or variable production costs related to agricultural activity include seeds, fertilizers, energy, labour costs, etc.

Definition:

The production cost includes the labour costs and the variable production costs.

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i VC_i \times A_i}{A_T}$$

Where:

VC_i: Variable crop costs (€/ha). The costs depend on operations on the plot and are related to agricultural activity including seeds, fertilizers, pesticides, energy (mainly fuel), labour costs, equipment operating costs, etc.

A_i: Area assigned to the crop / plot (ha).

A_T: Total area considered (ha).

Interpretation:

The cost per hectare depends on the crops and the management system of the farm (mainly soil management and fertilization strategies). Besides, the costs can also depend on other factors like the climatology, pests influence, water stress, etc.

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers:

VC_i: Variable crop costs (€/ha). The costs depend on operations on the plot and are related to agricultural activity: Seeds, fertilizers, pesticides, energy (mainly fuel), labour costs, etc.

Fuel consumption (€/l), see Indicator No.1.

Seed costs (€/kg).

Fertilizers and plant protection products costs (€/kg or €/l).

Labour and equipment operating costs (€/h).

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha).

A_T: Total area considered (ha).

Name: Yield

No. 4

Definition:

It means the amount of crop yield in tonnes per hectare, and it is expressed in reference to the potential yield of each crop. The total area considered is the utilised agricultural area (UAA).

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as a sum of the crop yield of the plots:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum(A_i * CY_i * 100 / CY_p)}{A_T}$$

Where:

A_i : Area assigned to the plot (ha).

CY_i : Crop yield of each plot (t/ha or kg/ha).

CY_p : Potential crop yield (t/ha or kg/ha).

A_T : Total area considered (ha).

Interpretation:

The productive potential depends on climate, location and soil type. Also it depends on the crop type and on management factors (related to variety, fertilization, sanitary protection, etc.). Besides it depends on the farm management practices.

The closer we get to the potential, the better the value of the indicator

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers.

A_i : Crop area (ha). It is the area assigned to the crop/ plot.

A_T : Total area considered (ha). It is the sum of the areas of analysed plots.

CY_i : Crop yield of each plot (t/ha or kg/ha).

CY_p : Potential crop yield (t/ha or kg/ha).

Name: Nitrogen productivity.

No. 5

Definition:

Nitrogen productivity represents the crop yield (kg) per N applied (kg)

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the nitrogen productivity in each plot/crop.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (NP_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total nitrogen productivity (kg crop yield (kg) per fertilizer N (kg))

NP_i: Crop nitrogen productivity_i

A_i: Area for the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

The crop nitrogen productivity is estimated as the harvested production (kg/ha) divided by the nitrogen applied through fertilization (kg N/ha).

Interpretation:

Higher nitrogen productivity means better use of fertilizers by the crop.

Information source:

Crop area, applied inputs and yields of the different crops: Data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of crop nitrogen uptakes and the values of nitrogen fixation by legumes: data obtained in bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del nitrógeno en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross nitrogen balance. Nitrogen handbooks, 2007.
-

Name: Phosphorous productivity.

No. 6

Definition:

P productivity represents the crop yield (kg) per P applied (kg), expressed as P₂O₅.

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the sum of P productivity in each plot/crop.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (PP_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total P productivity (crop yield (kg) per fertilizer P (kg) expressed as P₂O₅)

PP_i: P productivity of crop *i*

A_i: Area for the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

The P productivity of each crop is estimated by dividing its yield between the P applied.

Interpretation:

Higher P productivity means better use of fertilizers by the crop.

Information source:

Crop area, applied inputs and yields of the different crops: data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of crops phosphorous uptakes: data obtained in bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance.
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del fósforo en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross phosphorus balance handbook (2007).
-

Name: Irrigation water application

No. 7

Definition:

Irrigation water application is the controlled application of water (m³/ha) for agricultural purposes through man-made systems to supply water requirements not satisfied by rainfall.

Method of calculation:

The water consumption on each irrigation plot is taken into account.

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i WC_i \times A_i}{A_t}$$

Where:

WC_i: Water consumption (m³/ha) on each plot

A_i: Area assigned to the crop/plot

A_t: Total area considered (ha).

Interpretation:

Irrigation water application depends on water consumption by crops depends on several factors: species, irrigation system, irrigation strategy (deficit irrigation management strategies, etc.).

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers.

WC_i: Irrigation water applied (m³/ha) on each plot.

A_i: Area assigned to the crop/plot.

A_t: Total area considered (ha).

References:

- Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. *Ecological economics*, 69(5), 1062-1075.

Name: Water productivity.

No. 8

Definition:

It is the crop yield (kg) per irrigation water applied (m³). Irrigation water application is the controlled application of water (in m³/ha) for agricultural purposes through man-made systems to supply water requirements not satisfied by rainfall.

Method of calculation:

For the calculation of the indicator, irrigation water applied and crop yield on each irrigation plots taken into account.

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i \frac{CY_i}{WC_i} \times A_i}{A_t}$$

Where:

CY_i: Crop yield (kg/ha) on each plot

WC_i: irrigation water applied (m³/ha) on each plot

A_i: Area assigned to the crop/plot (ha).

A_t: Total area considered (ha).

Interpretation:

The indicator reflects the production obtained using irrigation water. Some crops use water more efficiently.

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers.

CY_i: crop yield (kg/ha) on each plot.

WC_i: Irrigation water applied (m³/ha) on each plot.

A_i: Area assigned to the crop / plot.

A_T: Total area considered (ha).

References:

- OECD, 2001. Organization for Economic Co-operation and Development. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.
-

Name: Energy balance

No. 9

Definition:

Based on the IRENA 11 indicator (Energy use), the energy balance of the farm is the difference between the energy of inputs and outputs.

Method of calculation:

It is calculated as the difference between the energy outputs (crop yield) and the energy inputs derived from the provision of inputs and the energy used in the farm management.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (EB_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Energy balance (MJ/ha year)

EB_i: Energy balance of the crop *i* (MJ/ha)

A_i: Area assigned to the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

Interpretation:

A positive value of the indicator means that the system consumes less energy than it produces one thanks to the photosynthesis. As much higher is the value less energy is required, and therefore, the farm is more environmentally sustainable.

Using the values of this indicator, two other indicators can be calculated giving information on the use of energy:

- The "Energy efficiency", which is the relationship between the crop energy and the energy used for its production.
- The "Energy productivity", which is the crop yield (kg) per MJ of energy used.

Information source:

The surfaces, inputs and yields of different crops data are obtained through a survey conducted to farmers.

The energy associated with each input and output: data obtained in the bibliography.

References:

- EEA, 2005. European Environment Agency. Agriculture and environment in EU-15 – the IRENA indicator report. Report No. 6/2005. European Environment Agency, Copenhagen.
 - Fidalgo, J.A.B., Santamarta, P.P., Martínez, M.S.C., 2005. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - GHG Emissions and Energy Efficiency in European Nitrogen Fertiliser Production and Use (2008). Frank Brentrup, Yara International ASA, Research Centre Hanninghof and Christian Pallière, Fertilizers Europe - European Fertilizer Industry Association. International Fertiliser Society - Proceeding 639.
 - Gustavo G.T. Camargo, Matthew R. Ryan, Tom L., Richard., 2013. Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. BioScience Vol. 63 No. 4. Available in <https://academic.oup.com/bioscience/article/63/4/263/253267> (26/02/2019).
 - IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
-

Name: Energy efficiency

No. 10

Definition:

The farm energy efficiency is the relationship between the crop energy and the energy used in the farm management for the crop production.

Method of calculation:

It is calculated by dividing the energy output (crop yield) and the energy input (energy used in the farm management) derived from the provision of inputs and that used in the management practices on the farm.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (EE_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Energy efficiency (MJ/MJ year)

EE_i: Energy efficiency of the crop_i (MJ/MJ)

A_i: Area assigned to the crop_i (ha)

A_T: Total area considered (ha)

Interpretation:

A value of the indicator greater than 1, means that the system consumes less energy than produces in photosynthesis. The higher the value means that less energy is required, and therefore the farm is more environmentally sustainable.

Information source:

The surfaces, inputs and crops yields data are *obtained* through a survey conducted to farmers.

The energy associated with each input and output: *obtained* in bibliography.

References:

- Fidalgo, J.A.B., Santamarta, P.P., Martínez, M.S.C., 2005. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - GHG Emissions and Energy Efficiency in European Nitrogen Fertiliser Production and Use (2008). Frank Brentrup, Yara International ASA, Research Centre Hanninghof and Christian Pallière, Fertilizers Europe - European Fertilizer Industry Association. International Fertiliser Society - Proceeding 639.
 - Gustavo G.T. Camargo, Matthew R. Ryan, Tom L., Richard., 2013. Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. BioScience Vol. 63 No. 4. Available in: <https://academic.oup.com/bioscience/article/63/4/263/253267> (26/02/2019).
 - IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
-

Name: Energy productivity

No. 11

Definition:

The energy productivity of the farm is the crop yield (kg) per MJ of energy used for crop production.

Method of calculation:

It is calculated by dividing the crop yield between the energy input (energy used in the farm management) derived from the provision of inputs and that used in the management practices on the farm.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i(EP_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Energy productivity (kg/MJ)

EP_i : Energy productivity of crop i = crop yield (kg/ha) / Energy used (MJ/ha)

A_i : Area assigned to the crop i (ha)

A_T : Total area considered (ha)

Interpretation:

Higher energy productivity means better use of energy by the crop. The higher is the value means that less energy is required per crop yield unit, and therefore the farm is more environmentally sustainable.

Information source:

The surfaces, inputs and crop yields data are obtained through a survey conducted to farmers.

The energy associated with each input and output: obtained in bibliography.

References:

- Fidalgo, J.A.B., Santamarta, P.P., Martínez, M.S.C., 2005. Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - GHG Emissions and Energy Efficiency in European Nitrogen Fertiliser Production and Use (2008). Frank Brentrup, Yara International ASA, Research Centre Hanninghof and Christian Pallière, Fertilizers Europe - European Fertilizer Industry Association. International Fertiliser Society - Proceeding 639.
 - Gustavo G.T. Camargo, Matthew R. Ryan, Tom L., Richard., 2013. Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. BioScience Vol. 63 No. 4. Available in: <https://academic.oup.com/bioscience/article/63/4/263/253267> (26/02/2019).
 - IPCC 2006, Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
-

Name: Working hours per hectare.

No. 12

Definition:

It is a quantitative indicator of the amount of working hours employed in a farm. To homogenize the value, it is expressed as working hours per hectare. To obtain this value it is necessary to count the working hours per operation performed.

If we divide the total amount of hours obtained in the farm between 1,800 we obtain the AWU (annual work units) used on the farm. One annual work unit, abbreviated as AWU, corresponds to the work performed by one person who is occupied on an agricultural holding on a full-time basis (Eurostat). Full-time means the minimum hours required by the relevant national provisions governing contracts of employment. If the national provisions do not indicate the number of hours, then 1 800 hours are taken to be the minimum annual working hours.

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as a sum of the operation time employed in every plot. Every operation is considered, starting with the soil preparation and finishing with the crop harvest:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (T_i \times O_i) A_i}{A_t}$$

Where:

T_i: Time consumed in each of the farming operations (h/ha)

O_i: Farming operations performed on the plot

A_i: Area assigned to the crop / plot (ha)

A_T: Total area considered (ha)

Interpretation:

With this indicator we can evaluate how the labour factor is used in the farm. The more efficient is, the less work is required for the farm management. This should not be considered as a negative aspect, because the work is performed by farmers in most farms and therefore this allows a farmer to devote time to other aspects of life both professional (refresher courses, training, etc.) and familiar.

Information source:

Farming operations performed on the plot and productivity per hour are data obtained through a survey conducted to farmers.

Labour needs of different activities and tasks: IDAE (2006a and 2006b), Valero et al. (2002) and Ortega Sada (1993).

References:

- IDEA, 2006a. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ahorro, eficiencia energética y estructura de la explotación agrícola. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - IDEA, 2006b. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía: Ahorro, eficiencia energética y sistemas de laboreo agrícola. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Madrid.
 - Valero, J.A.J., Álvarez, J.F.O., Martín-Benito, J.M.T., 2002. Sistemas de cultivo. Evaluación de itinerarios técnicos. Mundi-Prensa y Junta de Comunidades de Castilla La- Mancha, Consejería de Agricultura y Medio Ambiente, Madrid.
 - Ortega Sada, J.L, 1993. Manual de explotaciones agrícolas. Mundi-Prensa y Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
-

Name:Satisfaction index

NO. 13

Definition:

It is a qualitative indicator of farmers' perception of the working conditions and the farm management.

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as the sum of the survey scores on the topic:

$$- \text{Indicator} = \sum P_i / N$$

Where:

P_i: question i score

N: Number of questions (4)

Questions:

1. Are you satisfied with the current management practices implemented in the farm? (0 not satisfied at all-10 totally satisfied).
2. Do you think the management practices could be improved?
(0 I think it cannot be improved at all - 10 every practice has to be improved).
3. Would you be willing to adopt different management techniques in order to improve the sustainability of the farm?

(0 I'm not willing to adopt any different technique- 10 I am willing to adopt all the necessary different techniques).

4. Would you recommend to your offspring to make a living farming?

Interpretation:

It indicates in a subjective way the mood, the satisfaction and the will of the farmer to improve the management of the farm.

Information source:

Data obtained through a survey/questionnaire conducted to farmers.

References:

- OECD, 2013. Guidelines on Measuring Subjective Well-being, OECD Publishing. Available in: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264191655-en>. (27/02/2019).
-

Name:Farmers' training level

No. 14

Definition:

Based on IRENA 6 indicator, it reflects the level of training reached by the farmer, both previous and recent.

Calculation method:

Score achieved for previous and for current season training.

I= Previous training + Current season training

Previous training:

Practical experience	2
Basic training	4
Full agricultural training.....	6

– 'Practical experience': experience acquired through practical work on an agricultural holding

– 'Basic training': any training course completed at a general agricultural college, and/or an institution specialising in certain subjects (including horticulture, viticulture, silviculture, pisciculture, veterinary science, agricultural technology and associated subjects). A completed agricultural apprenticeship is regarded as basic training

- 'Full agricultural training': any training course continuing for the equivalent of at least two years full-time training after the end of compulsory education and completed at an agricultural college, university or other institute of higher education in agriculture, horticulture, viticulture, silviculture, pisciculture, veterinary science, agricultural technology or an associated subject.

Season farmer training (attendance to training courses and/or seminars):

No attendance (0 hours).....	0
Attendance (1 to 5 hours).....	1
Attendance (6 to 10 hours)	2
Attendance (11 to 15 hours)	3
Attendance (16 to 20 hours)	4
Attendance (21 to 25 hours)	5
Attendance (more than 25 hours)	6

Interpretation:

The more farmer's training, the higher degree of professionalism in the farm's management. A higher degree of knowledge also implies a higher level of environmental awareness, because of a better consciousness of the risks associated with the agricultural activity.

The continuous training (attendance to seminars and training courses, recently received) updates the knowledge and skills and provides the tools to improve farm's management.

Information source:

Data obtained from a survey conducted to farmers.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 06 – Farmers' training levels. Available in: http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518916/IRENA+IFS+06+-+training+levels_FINAL.pdf/1077d94b-b926-4ec3-8605-2c55732bc570 (27/01/2019).
-

Name: Risk of abandonment of agricultural activity.

No. 15

Definition:

This indicator is based on the IRENA 17 Indicator- "marginalization" (EEA, 2005). The indicator aims to estimate the risk of farm and its productive activity abandonment.

As it will be developed in the indicator interpretation, the two more influential factors in determining the continuity of the farm activity are:

- Farmers age: if the farmer is older than 55 (and there is no clear successor)
- Farm net income per annual work unit (AWU): less than 50% of the regional average.

Method of calculation:

$$RA = RAA + RAI$$

Where:

RA = Risk of abandonment of agricultural activity.

RAA = Risk of abandonment of agricultural activity because of the farmer's age factor.

RAI = Risk of abandonment of agriculture activity because of the income.

RAA:

- If $A \leq 55$ or $SUC = \text{"Yes"}$, $RAA = 0$
- If $55 < A \leq 70$ and $SUC = \text{"No"}$, $RAA = 0.5 \times (A - 55) / (70 - 55)$
- If $A > 70$ and $SUC = \text{"No"}$, $RAA = 0.5$

SUC = Is there a successor for the farm? ("Yes" or "No").

A = Farmer's age.

RAI:

- If $AWU_C < AWU_F$, $RAI = 0$
- If $(AWU_C)/2 < AWU_F < AWU_C$, $RAI = 0.5 \times (AWU_C - AWU_F) / (0.5 \times AWU_C)$
- If $AWU_F < (0.5 \times AWU_C)$, $RAI = 0.5$

AWU_C = Is the net income per annual work unit of the country.

AWU_F = Is the net income per annual work unit of the farm.

Interpretation

Similar to the IRENA 17 indicator, "Marginalization" (EEA, 2005), the Risk of abandonment of agricultural activity indicator (RA) is composed of two factors: farmer's age and farmer's income.

The Risk of abandonment of agricultural activity because of the farmer's age factor (RAA), refers to a farmer that is older than 55, about to retire, that does not have a clear successor. Without clear successor, the older the farmer the greater the risk of abandonment of agricultural activity.

Risk of abandonment of agricultural activity because of the income (RAI) refers to a farmer with net income (per annual work unit) less than 50% of the country average. The lower the income in relation to the mean for the region, the higher the risk of abandonment of agricultural activity to engage in other more profitable remunerative activities (industrial and service sectors).

For the calculation of the risk of abandonment of agricultural activity (RA), both risks (RAA and RAI) have been linearized so that the different age and income combinations are reflected in the final value of the RA indicator.

By following the same classification proposed for the IRENA 17 Indicator (EEA, 2005), there are three categories for the risk of abandonment of agricultural activity:

- Low risk of abandonment of agricultural activity: $RA = 0$.
- Medium risk of abandonment of agricultural activity: $0 < RA < 1$.
- High risk of abandonment of agricultural activity: $RA = 1$.

In terms of the sustainability, the abandonment of agricultural activity represents a lost in two ways. On the one hand, the agricultural activity becomes less effective to keep people in rural areas, which is to the detriment of its the social sustainability. On the other hand, in an environmental context, the abandonment of the croplands means a biodiversity loss generated by the agricultural activity. It is worth remembering that in certain agroecosystems, local flora and fauna is adapted to the existence of crops and to the fact that stopping these activities means in many cases the loss of habitat.

In a nutshell, the RA Indicator has a value between 0 and 1 and the higher the value the less the social sustainability of the farm.

Information source:

Farmer's age and successor: data obtained through a survey conducted to farmers.

AWU_C: data obtained from Eurostat.

AWU_F: data obtained from Indicator 2.

References:

- European Commission (EC) services, DG Agriculture and Rural Development. Available in: [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=sdg_02_20_\(28/02/2019\)](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=sdg_02_20_(28/02/2019)).
 - European Environment Agency, 2005. Indicator Fact Sheet IRENA 17 – Marginalisation.
 - Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators, Ecological Economics 69, Issue 5, Pages 1062-1075, ISSN 0921-8009.
-

Name:Soil tillage index

No 16

Definition:

This indicator refers to the grade of aggressiveness that machinery, used on the farm, provides to the soil. It refers to the number of passes, the implementation depth and the type of used agricultural implement.

Method of calculation:

The value of this indicator is estimated using the STIR (soil tillage intensity rating) proposed by the Natural Resources Conservation Service of the USDA and adapted by Giulio Ferruzzi. The equation of RUSLE2 is used in its calculation. Lower values indicate less soil disturbance. By definition the direct seeding management has a STIR value below 15. The values range from 0 to 20.

- $Indicator = \sum A_i * STIR_i / A_T$
S_i: Area of each plot (ha).
STIR_i: calculated value of STIR in each plot.
S_T: Total area considered (ha)

The value of the STIR reflects the class and severity of soil disturbance caused by tillage. It includes

- Speed of operation of the tilling equipment
- Tillage type
- Tillage depth

- Percentage of the soil area

$$STIR = (0,5*S)*3.25*T*D*A$$

- S=Speed of operation (mph) = Speed (km/h) / 1.60934
- T=Tillage type modifier

Tillage type	Equipment	Modifier
Inversion	Moldboard plough	1
Mixing	Rototiller, Harrow, Subsoiler row	0.7
Mixing and some inversion	Chisel, Cultivator, Disk, Drills, Planters	0.8
Lifting / Fracturing	Subsoiler/Ripper, Hoe drills, Fertilizer aplicators, Manure inyectors, Sweep plough	0.4
Compression	Graze operations, Manure spreaders, Rollers	0.15

- D=Tillage depth (inches) = Tillage depth (cm) / 2.54
- A=Area disturbed (0 - 1)

Interpretation:

The application of best soil management practices decreases the value of this indicator due to that less tillage is used and its intensity is lower.

Information source:

The data are obtained through a survey conducted to farmers about the operations carried out on the plots.

References:

- United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS). Soil Tillage Intensity Rating (STIR). Available in: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs143_014811.pdf (28/02/2019).
 - Giulio Ferruzzi, Ph.D., Conservation Agronomist, USDA NRCS West National Technology Support Center, Portland, OR Farming Implements in Action: Impacts on the Soil, Erosion Potential of Tillage Systems, and Economics. Available in: <http://www.conservationwebinars.net/webinars/farming-implements-in-action/>. (28/02/2019).
-

Name: Soil cover rate.

No. 17

Definition:

This indicator refers to the number of days per year on which the soil is covered. It is based on the "Soil Cover" indicator defined by OECD in 2001.

Method of calculation:

$$\text{Indicator} = \frac{1}{365 \times A_T} \sum_i [DC_i + (365 - DC_i) \times SCC] A_i$$

Where:

A_T : Total area considered (ha)

DC_i : Number of days on which the crop covers the soil. In woody crops, the number of days with covered soil

SCC : Soil cover coefficient after harvesting. In woody crops ground cover management coefficient:

Direct seeding / Herbicide control: $SCC=0.50$

Minimum tillage (in both cases): $SCC=0.35$

Conventional tillage (in both cases): $SCC=0$

A_i : Area for the crop i (ha) / Area for the ground cover i (ha)

Interpretation:

The cover reduces the risk of soil erosion. Therefore, the agricultural land with higher levels of this indicator, will be better protected against erosion, which means that it will have a greater environmental sustainability. This indicator shows that different management cropping systems, such as direct seeding or minimum tillage, help to protect soil against erosion effectively, even when vegetation is not active on the ground. Based on different specialists' knowledge, weighting coefficients were assigned to the cropping systems.

Information source:

A_T : Total area considered (ha). It is the sum of the areas of the analysed plots.

DC : Number of days that the crop covers the soil. It has been calculated using the dates of sowing and the dates of harvesting obtained through a survey conducted to farmers. In case of having covered crop the days with said culture are added to those of the main crop.

CTE : Soil cover coefficient (Gómez-Limón et al., 2010)

A_i : Area assigned to the plot (ha).

References:

- OECD, 2001. Organization for Economic Co-operation and Development. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.
 - Gómez-Limón, J.A., Sanchez-Fernandez, G., 2010. Empirical evaluation of agricultural sustainability using composite indicators. Ecological economics, 69(5), 1062-1075.
-

Name: Soil erosion risk

No. 18

Definition:

One of the major problems facing agriculture is the loss of agricultural land due to exposure to erosion, to become a more sustainable activity. This indicator assesses the risk of soil erosion due to inappropriate farm management practices.

Calculation method:

This indicator is based on the Universal Soil Loss Equation (USLE) and it brings together the following factors:

- Erodibility of the soil: This is the susceptibility of soil to erosion. It depends on the texture of the soil and on its organic matter's content.
- Slope steepness: It represents the average slope of the plot.
- Slope length: This is the horizontal length of the hillside in the direction of the maximum slope.
- Cover-management: This factor takes into account the soil management in the farm (type of tillage, use of cover crops in perennial woody crops, etc.)

$$\text{Erosion Risk} = \text{Erodibility factor} * \text{Slope factor} * \text{Soil management factor}$$

Factors:

- **Erodibility factor:**

Calculation can be made with the equation proposed by Sharpley and Williams (1990):

$$K = (0.2 + 0.3 * \exp(-0.0256 * SAN * (1 - SIL/100))) * (SIL / (CLA + SIL))^{0.3} \\ * (1 - 0.25 * C / (C + \exp(3.72 - 2.95 * C))) * (1 - 0.7 * SN / (SN + \exp(-5.51 + 22.9 * SN)))$$

Where SAN, SIL, CLA, and C are the sand, silt, clay, and Organic Carbon contents of the soil (%) and $SN=1-SAN/100$.

Organic Carbon (%)= Organic Matter (%) / 1.724

This equation allows K to vary from 0.05 to 0.5.

- **Slope factor:**

$$LS = [0.065 + 0.0456 * (\text{slope}) + 0.006541 * (\text{slope})^2] * (\text{slope length} / \text{constant})^{NN}$$

Where:

slope steepness = steepness of parcel's slope (%)

slope length = length of slope (m)

constant = 22.1

NN = see table 1 below

Table 1. NN Values.

S	< 1	1 ≤ Slope < 3	3 ≤ Slope < 5	≥ 5
NN	0.2	0.3	0.4	0.5

Source: Universal Soil Loss Equation (USLE). R.P. Stone and D. Hilborn

Values for LS factor have a large variation range, but we are going to consider the following limit conditions:

Slope Steepness	Slope length	LS
0	50	0.08
50	150	48

- **Soil management factor:**

It is the value obtained by multiplying the values in Tables 2, 3 and 4 related to the plot

*Soil management factor = Crop type factor * Tillage method factor * Support practice factor*

Table 2. Crop Type Factor

Crop Type	Factor
Bare soil	1.00
Grain corn	0.40
Silage corn, beans & canola	0.50
Cereals (spring & winter)	0.35
Seasonal horticultural crops	0.50
Fruit trees	0.10
Hay and pasture	0.02

Table 3. Tillage Method Factor

Tillage Method	Factor
Fall plough	1.0
Spring plough	0.90
Mulch tillage	0.60
Ridge tillage	0.35
Zone tillage	0.25
No-till	0.25

Table 4. P Factor Data

Support Practice	P Factor
Up & down slope	1.0
Cross slope	0.75
Contour farming	0.50
Strip cropping, cross slope	0.37
Strip cropping, contour	0.25

Source: *Universal Soil Loss Equation (USLE). R.P. Stone and D. Hilborn.*

Interpretation:

The employment of soil best management practices decreases the value of this indicator, because of reduced tillage intensity.

Information source:

The data are collected from the survey to the farmers related to the operations carried out on the plots. Questions to be done to farmers for each plot:

- What is the percentage of sand of your soil? (Texture Analysis)
- What is the percentage of silt of your soil? (Texture Analysis)
- What is the percentage of clay of your soil? (Texture Analysis)
- What is the organic matter content of your soil?
- What is the average slope of the plot?
- Is the average slope representative of the slope of the plot?
- What is the horizontal length of the maximum slope line inside the plot?
- What is the crop in the plot?
- What is the soil management in the plot?

References:

- Stone, R.P., Hilborn, D., 2012. "Universal Soil Loss Equation (USLE)," in Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs factsheet, no. 12, pp. 1-8.
 - Sharpley, A.N., Williams, J.R., 1990. EPIC Erosion/Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation. USA Department of Agriculture Technical Bulletin No. 1768, USA Government Printing Office, Washington DC.
-

Name: Organic matter level (%)

No. 19

Definition:

Organic matter is any material produced originally by living organisms (plant or animal) that is returned to the soil and goes through the decomposition process. It consists of a range of materials from the intact original tissues of plants and animals to the substantially decomposed mixture of materials known as humus (Bot and Benites, 2005).

Method of calculation:

This indicator comes from the performance of an annually soil analysis made on the farm. For analysis of soil organic matter the "Walkley-Black" acid digestion method. (Nelson and Sommers, 1982) or Loss on ignition method are used. We have taken composite samples in several points and in the range from 0 to 30 cm.

Interpretation:

The continual addition of decaying plant residues to the soil surface contributes to the biological activity and the carbon cycling process in the soil. Breakdown of soil organic matter and root growth and decay also contribute to these processes. Carbon cycling is the continuous transformation of organic and inorganic carbon compounds by plants and micro- and macro-organisms between the soil, plants and the atmosphere. Decomposition of organic matter is largely a biological process that occurs naturally. Its speed is determined by three major factors: soil organisms, the physical environment and the quality of the organic matter. (Brussaard, 1994).

Therefore, improving the rate of soil organic matter can be reached by reducing soil tillage and by adding to the soil the crop residues.

Information source:

Analysis of samples taken in the fields.

References:

- Bot, A., Benites, J., 2005. The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production (No. 80). Food & Agriculture Org.
 - Brussaard, L., 1994. Interrelationships between biological activities, soil properties and soil management. In D.J. Greenland & I. Szabolcs, eds. Soil resilience and sustainable land use, pp. 309–329. Wallingford, UK, CAB International.
 - Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, 2nd edn (eds A.L. Page, R.M. Miller & D.R. Keeney), pp. 539–579. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.*
-

Name:Crop Diversity

No. 20

Definition:

Crop diversity allows to diversify the risk in the farm:

- Different crops require a different management and therefore the labour and technical factors are optimized.
- Different crops have different root systems and therefore that improves the efficiency in taking all the soil nutrients.
- Pests, diseases and weeds are easier to control because crops planting seasons and susceptibilities to them are different.

Method of calculation:

It is used the method proposed by Malik in 2002, derived from the calculation of the Herfindahl index.

The Herfindahl index (H) is defined as the sum of crop ratios squared, and it is a measure of the crop concentration:

$$H = \sum_{i=1}^n P_i^2$$

where P_i Is the proportion of area occupied by the crop i

$$P_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

A_i is the area of the crop i (ha?)

(i Is each of the crops (1, 2, 3,..))

Crop Diversity Index is $CDI= 1 - H$

Interpretation:

The Index is directly related to the diversification in the farm. Its value ranges between 0 and 1. The value 0 indicates a monoculture and its increase means the increase in the number of crops and their proportion regarding the crop surface.

Information source:

The different crops surface data are obtained through a survey conducted to farmers.

References:

- Sichoongwe, K., Mapemba, L., Tembo, G., Ng'ong'ola, D., 2014. The Determinants and Extent of Crop Diversification Among Smallholder Farmers: A Case Study of Southern Province Zambia. *Journal of Agricultural Science*; Vol. 6, No. 11.
 - Malik, D., Singh, I., 2002. Crop Diversification-An Economic Analysis. *Indian Journal of Agricultural Research*, 61-64.
-

Name:Crop rotation

No. 21

Definition:

Crop rotation on arable land is the practice of alternating annual crops grown on a specific field in a planned pattern or sequence in successive crop years so that crops of the same species are not grown without interruption on the same field. If the same crop is grown continuously, the term monoculture can be used to describe the phenomenon (Eurostat). The rotation of different species of cereals (for example wheat, barley, oats, wheat, etc.) is also considered as crop rotation.

Arable land is considered to be out of the crop rotation system when it is cultivated with the same crop for at least 3 years in a row and when it is not part of a planned crop rotation.

Crops rotation allows the risk diversification in the farm:

- The root system of crops is different and therefore it improves the efficiency of soil nutrients Different crops have different root systems and therefore that improves the efficiency in taking all the soil nutrients.
- Rotations may also give benefits in terms of improved soil quality (more or deeper roots; root exudates), better distribution of nutrients in the soil profile (deep-rooted crops bring up nutrients from below) and to increases biological activity.
- Many crops may have positive effects on succeeding crops in the rotation, leading to greater production overall.
- Through rotations, peak labour times may be reduced and labour better distributed throughout the year if planting and harvest times are different. Crop rotations may decrease risk as bad seasons, or bad parts of a season, may affect some crops more than others.
- Pests, diseases and weeds are easier to control because crops planting

seasons are different and because the susceptibility to pests, diseases and weeds, is different for each crop. Rotations are used to reduce pests and diseases in the cropping system and to control weeds by including smothering crop species (e.g. cowpeas) or green manure cover crops.

- Crop rotations can balance the production of residues by alternating crops that produce few and/or short-lived residues with crops that produce a lot of durable residues
- The most effective rotations combine crops with different growth strategies (deep rooting versus shallow rooting; nutrient accumulating versus nutrient depleting; water accumulating versus water consuming etc.).
- It is important to rotate different species, and especially species that have different pests and diseases.

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as:

$$R = \sum_{i=1}^n (P_i \times C_i)$$

Where P_i Is the proportion of area occupied by the crop i

$$P_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

A_i is the area assigned to the plot i (ha)

i Is each of the plots (1, 2, 3,.....)

C_i is a coefficient that depends on the previous crop. If the previous crop is the same as the current one $C_i = 0$, otherwise $C_i = 1$

The index takes values from 0 (monoculture in all the plots), to 1 (all the plots present crop rotation).

Interpretation:

The index is directly related to the rotation of crops done in the farm. Its value ranges between 0 and 1. The value 0 indicates a monoculture and its increase means the increase in the number of crops and their proportion regarding the crop surface. 1 indicates that all the plots present crop rotation.

Information source:

The different crops surface data are obtained through a survey conducted to farmers.

References:

- Eurostat glossary. Available in: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Crop_rotation (02/03/2019).
-

Name: Nitrogen balance

No. 22

Definition:

Based on the IRENA 18 indicator (Gross nitrogen balance) it reflects the possible excess of nitrogen in agricultural land. It is estimated by calculating the difference between nitrogen intake and nitrogen loss/outputs. It counts all inputs and outputs including residual nitrogen emissions into the soil, water and air. Therefore, it includes volatilization of ammonia. The main inputs include nutrient volumes such as inorganic fertilizer, livestock manure, nitrogen fixation per crops and atmospheric deposition per hectare. The main products include the amount of nutrients extracted from harvested crops and the grass / forage eaten by the livestock per hectare.

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the average nitrogen balance in each plot/crop:

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (NB_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total nitrogen balance (kg N per ha per year)

NB_i: The nitrogen balance of crop *i* (kg N per ha per year?)

A_i: Area for the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

The balance of each crop / plot is calculated as the difference between the N inputs into the system and the N losses from the system:

Inputs: nitrogen applied through organic and inorganic fertilizers, though the legumes nitrogen uptaken and through the irrigation water.

Outputs: existing nitrogen in harvested crops and agricultural products.

Interpretation:

The higher the balance, the greater the amount of nitrogen in the soil and therefore the greater the risk of contamination.

Using the values of this indicator, two other indicators can be calculated giving information on the management of fertilization:

- Nitrogen use efficiency, which is the ratio between the amount of fertilizer N removed from the field by the crop and the amount of fertilizer N applied.
- Nitrogen productivity, which represents the crop yield (kg) per kg of N applied.

Information source:

Crop area, applied inputs and yields of the different crops are taken from a survey conducted to farmers.

The values of extractions of nitrogen by the crops and the fixation by legumes are taken from the bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del nitrógeno en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross nitrogen balance handbook, 2007.
-

Name: Nitrogen efficiency.

No. 23

Definition:

Nitrogen use efficiency is the ratio between the amount of fertilizer N removed from the field by the crop and the amount of fertilizer N applied.

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the N use efficiency in each plot/crop.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (NE_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total nitrogen use efficiency (total N uptake (kg) per fertilizer N applied (kg))

NE_i : The nitrogen use efficiency of crop i

A_i : Area for the crop i (ha)

A_T : Total area considered (ha)

The nitrogen use efficiency of each crop is estimated as the ratio between the amount of fertilizer nitrogen removed with the crop and the amount of fertilizer nitrogen applied through fertilization.

Interpretation:

Higher nitrogen use efficiency means better use of fertilizers by the crop.

Information source:

Crop area, applied inputs and yields of the different crops: data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of crop nitrogen uptakes by the crops and the values of nitrogen fixation by legumes: data obtained in bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance.
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del nitrógeno en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross nitrogen balance handbook, 2007.
-

Name: Phosphorus Balance.

No. 24

Definition:

Based on the IRENA 18 indicator, it is assessed the impact of phosphorus used in agriculture. The phosphorus balance is an indicator calculated as soil total P inputs minus total P outputs. Phosphorus is an element retained by soil and it can be transported in runoff after rainfall, in other words it can be lost through erosion and leaching.

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the average balance in each plot/crop.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (PB_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total phosphorus balance (kg of P/ha per year)

PB_i: Crop *i* phosphorus balance (P (kg)/ha)

A_i: Area for the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

The balance of each crop/plot is calculated as the difference between phosphorus intake and phosphorus outputs in the system:

Inputs: phosphorus fixed by the organic and inorganic fertilizers.

Outputs: phosphorus contained in harvested agricultural products.

Interpretation:

A positive phosphorus balance implies a higher amount of released than consumed phosphorus by the crop. The risk of contamination caused by runoff depends on the fertilization type and on soil management. Otherwise, this implies a higher P loss from the soil than the P intake. And if this condition continues for a long time, the crops might show symptoms of phosphorus deficiency.

Using this indicator, two other indicators, that provide information about fertilization management, can be calculated:

- Phosphorus use efficiency: is the ratio between the amount of fertilizer P uptaken from the field by the crop and the amount of fertilizer P applied through fertilization.
- Productivity of the phosphorus, which means the kg of crop per kg of applied P.

Information source:

Crop area, applied inputs and yields of the different crops: data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of crop phosphorus uptakes: data obtained in bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance.
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del fósforo en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross nitrogen balance handbook, 2007.
-

Name: Phosphorous efficiency.

No. 25

Definition:

Phosphorous use efficiency is the ratio between the amount of P fertilizer (P expressed as P₂O₅) uptaken by the crop and the amount of fertilizer P₂O₅ applied to the field, expressed in %.

Method of calculation:

This indicator is calculated by estimating the P use efficiency in each plot/crop.

$$\text{Indicator} = \frac{\sum_i (PE_i \times A_i)}{A_T}$$

Where:

Indicator: Total P efficiency (P output (kg) per fertilizer P (kg))

PE_i: Phosphorus efficiency of crop *i*

A_i: Area for the crop *i* (ha)

A_T: Total area considered (ha)

The phosphorous efficiency of each crop is estimated by dividing the phosphorus in harvested productions between the phosphorus applied.

Interpretation:

Higher phosphorus efficiency means better use of fertilizers by the crop.

Information source:

Crop area, applied inputs and crop yields data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of extractions of phosphorus by the crops are taken from bibliography.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 18.1 – Gross nitrogen balance.
 - Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2010. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España.
 - Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2015. Balance del fósforo en la agricultura española, año 2013. Metodología y resultados.
 - OECD / Eurostat. Gross nitrogen balance handbook, 2007.
-

Name: GHGs Balance (Greenhouse Gases balance)

No. 26

Definition:

This indicator measures the amount of Greenhouse Gases (GHGs) emitted into the atmosphere during the whole season. GHG emissions are measured in carbon dioxide (CO₂) equivalent per hectare (t/ha).

Method of calculation:

The GHGs balance is the addition of the emissions from the soil, the farming operations and the inputs' manufacturing processes.

GHG Balance (t CO_{2eq}/ha) = Soil balance (t CO_{2eq}/ha) + Emissions of Farming Operations (t CO_{2eq}/ha)

These two parameters are calculated as:

Soil emissions balance

For the calculation of this parameter it is taken into account the Carbon Dioxide (CO₂).

CO₂ emissions / fixation

To estimate the amount of CO₂ that it is emitted (or sequestered) into the atmosphere due to land use, we will be based on what it is stated in the Kyoto Protocol.

The Kyoto Protocol set the ton of CO₂ equivalent as the single transaction unit in order to standardize the quantification of emissions and the compliance with the international commitments made by industrialized countries. To convert one unit of Carbon (C) into a unit of Carbon dioxide (CO₂), it is needed to make the equivalence according to the molecular

weight of each component. These are 12 and 44 for Carbon and CO₂ respectively. Therefore, the conversion rate is:

$$\text{Ton CO}_2/\text{ha} = 44/12 * X \text{ Ton C/ha}$$

$$\text{Ton C/ha} = \pm(\Delta\%OM_{0-30} * D \text{ (t/m}^3\text{)} * 3000 \text{ m}^3\text{)} / 1.7$$

Where

D: Bulk density (1.35 t/m³ if no specific data are available for the plot)

Δ%OM₀₋₃₀: Increase/decrease of the level of organic matter in the 0-30 cm profile.

Increase of the level of organic matter means fixation of CO₂, and decrease means CO₂ emissions.

Farming operations Emissions

This parameter is calculated by adding the fuel combustion emissions from farming operations and from the use of inputs in the farm. It is calculated by transforming the energy consumption into CO₂ equivalent. The conversion factor is:

$$1 \text{ MJ} = 20 \text{ g of Carbon}; 1 \text{ g of Carbon} = 3.67 \text{ g of CO}_2 \text{ equivalent}; 1 \text{ MJ} = 74 \text{ g of CO}_2 \text{ equivalent}$$

Using this indicator, another indicator that provides information about the crop management can be calculated:

- The "Greenhouse balance per kg of crop yield": This indicator measures the amount of Greenhouse Gases (GHG) emitted into the atmosphere (in CO₂ equivalent) during the whole season per kg of crop yield (kg CO₂ /kg).

References:

- GHG Emissions and Energy Efficiency in European Nitrogen Fertiliser Production and Use (2008). Frank Brentrup, Yara International ASA, Research Centre Hanninghof and Christian Pallière, Fertilizers Europe - European Fertilizer Industry Association. International Fertiliser Society - Proceeding 639.
- Gustavo G. T. Camargo, Matthew R. Ryan, and Tom L. Richard, 2013. Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. BioScience Vol. 63 No. 4. Downloaded from <http://bioscience.oxfordjournals.org/> at Cornell University Library on March 13, 2015.
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston

H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Name: Greenhouse per kg of crop yield

No. 27

Definition:

This indicator measures the amount of Greenhouse Gases (GHG) emitted into the atmosphere (equivalent CO₂) during the whole season per crop yield in kg. (kg CO₂/kg).

Method of calculation:

Indicator = GHG /Crop yield (kg CO_{2eq} / kg)

The GHGs balance is the addition of the emissions from the soil and emissions corresponding to the farming operations and the inputs' manufacturing processes.

GHG Balance (t CO_{2eq}/ha) = Soil balance (t CO_{2eq}/ha) + Emissions of Farming Operations (t CO_{2eq}/ha)

These two parameters are calculated as Indicator 26 (GHGs Balance).

Information source:

Crop area, applied inputs and crop yields data obtained through a survey conducted to farmers.

The values of CO₂ emissions are taken from bibliography.

References:

- GHG Emissions and Energy Efficiency in European Nitrogen Fertiliser Production and Use, 2008. Frank Brentrup, Yara International ASA, Research Centre Hanninghof and Christian Pallière, Fertilizers Europe - European Fertilizer Industry Association. International Fertiliser Society - Proceeding 639
- Gustavo G. T. Camargo, Matthew R. Ryan, Tom L. Richard, 2013. Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. BioScience Vol. 63 No. 4. Downloaded from <http://bioscience.oxfordjournals.org/> at Cornell University Library on March 13, 2015
- IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston

H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

Name: Natural area.

No. 28

Definition:

For this indicator, the percentage of "Natural area" is calculated. This percentage is the relationship between the natural vegetation area and the total area of the farm. It is based on aerial photography and it takes into account the boundaries of each farm.

An assessment can be made regarding the structure of the natural vegetation (trees, bushes, herbaceous plants, etc.) by multiplying the percentage of area of each point by a value/coefficient that depends on the vegetation structure of each place.

Method of calculation:

The value of this indicator is calculated as:

$$\text{Indicator} = \sum A_i * C_i / A_T$$

Where:

A_i : Natural area (ha)

C_i : Coefficient of weighting of the importance of the natural area

A_T : Total area of the farm

Interpretation:

Natural areas on the farm provide various environmental benefits (externalities), and therefore they increase or improve the biodiversity.

Information source:

A_i : Natural area is measured in the field or by aerial photography

C_i = Weighting coefficient (see the table below)

Vegetation type	Coefficient
Only trees	1
Trees and bushes	0.8
Only bushes	0.7
Mixture of trees, bushes and herbaceous plants	0.7
Trees and herbaceous plants	0.6
Bushes and herbaceous plants	0.5
Herbaceous plants	0.4

A_T : Total area of the farm: data obtained through a survey conducted to farmers.

Maximum and minimum values:

The values of this indicator range from 0 (without natural vegetation area on the farm) to 1 (20% or more of the area of the farm is covered by native trees).

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 26 – High nature value farmland. ([http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518916/IRENA+IFS+26+-+High+nature+value+\(farmland\)+areas_FINAL.pdf/839efec2-3663-41f2-ba1d-57d67ea8e7d1](http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/2518916/IRENA+IFS+26+-+High+nature+value+(farmland)+areas_FINAL.pdf/839efec2-3663-41f2-ba1d-57d67ea8e7d1)).
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora.
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development, 2001. Chapter 6 Wildlife habitats. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.

Name: Biodiversity structures.

No. 29

Definition:

The existence of biodiversity structures is necessary for the life of animals and they can be related to the level of sustainability of the plot.

Method of calculation:

Questions to ask to the farmers on the online platform:

- Have you ever seen any nest on the plot?
- Have you ever seen any beehive on the plot?
- Have you ever seen any spider web on the plot?

Formula:

$$\text{Indicator} = \frac{N+H+S}{3}$$

Where:

Indicator= Indicator Biodiversity structures

N=Nests (Values: 0 rarely, 1 occasionally, 2 sometimes, 4 usually)

H= Beehives (Values: 0 rarely, 1 occasionally, 2 sometimes, 4 usually)

S= Spider webs (Values: 0 rarely, 1 occasionally, 2 sometimes, 4 usually)

Interpretation:

It indicates subjectively the number of biodiversity structures that are indicators of biodiversity.

Information source:

The different crop surface data are obtained through a survey conducted to farmers.

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 26 – High nature value farmland
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development, 2001. Chapter 6 Wildlife habitats. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.

Name: Buffers and security areas

No. 30

Definition:

They mean the relationship between the buffers area (artificial margins) and the security areas (safety zones) in comparison with and the total area of the farm. Based on aerial photography and taking into account the boundaries of each farm,

it is possible to determine the relationship between the area used as multifunctional buffers and the total area of the farm.

Method of calculation:

This indicator is calculated as:

- Indicator = $\sum A_i/A_T$

Where:

A_i : Buffer and security areas (ha)

A_T : Total area of the farm

Interpretation:

The areas used as multifunctional buffers on the farm provide various environmental benefits, therefore their increase encourages biodiversity, and it avoids possible pollution due to the use of fertilizers and plant protection products.

Information source:

S_i : Buffers and security areas are measured in the field or by aerial/satellite photography

S_T : Total area of the farm. Data obtained through a survey conducted to farmers.

Maximum and minimum values:

The values of this indicator range from 0 (without areas with buffers or security zones on the farm) to 1 (20% of the farm area is covered with buffers).

References:

- European Environment Agency. Indicator Fact Sheet IRENA 26 – High nature value farmland
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development, 2001. Chapter 6 Wildlife habitats. Environmental indicators for agriculture. Methods and Results, Volume 3. Paris.

Name:PPP (Plant protection products) management

No. 31

Definition:

Based on "Check it out – Pesticide Handling Areas" by The Voluntary Initiative.

Keeping herbicides and other plant protection products out of water is vital for protecting the environment and lower the risk. Over 40% of plant protection phytosanitary products that find their way into water come from handling areas.

Every farm that uses plant protection products needs a specific site for filling and cleaning the application equipment. These handling locations are a potential hazard to water because large quantities of diluted and undiluted products are mixed where spills or splashes may occur.

To prevent point source pollution, it is important to fill and to clean the sprayers and to handle the plant protection products and containers in zones designed for convenient handling of spillage. This is to minimise the pollution risk. It is important to take special care in the areas where plant protection products are managed, in order to reduce pollution risk. Appropriate procedure should be followed when cleaning tools and personal protective equipment, and when managing containers.

During all treatment operations, the farmer should think about water protection. Distributors of plant protection products should be the starting point for protection, since they contain large quantities of products in stock.

A well-managed warehouse should pose no risk to water, however stores with damaged or leaking containers pose a major threat to water pollution. The worst scenarios are the fires that occur in the containers causing the melting of the container, discharges of product causing the water pollution.

The design and location of the plant protection products handling area is very important.

The protocol for a correct manipulation of the plant protection products requires a minimum distance between the handling area and any water course. These measures include the concrete filler that drains into a protected sump. The purpose of said sink is the collection of the discharge that could occur and its subsequent cleaning.

The containers of the products must be returned to the certified collection points. The equipment must comply with the Inspections required for its correct use according to the community where the agricultural activity is performed.

In most cases, losses of plant protection products in the handling area are little, such as little splashes or foaming. This is why choosing the correct filling surface and using splash gauges can help to control spills. At the end of treatments, the equipment should be cleaned on the inside and on the outside. This must be performed in the handling area to avoid the dumping of large quantities of diluted product residues.

Survey:

Nº	Questions	Answers	Assessment	Score
1	Where do you store the phytosanitary products?	On the floor in a non-ventilated warehouse	-15	
		On a shelf in a non-ventilated warehouse	-10	
		On the floor in a well-ventilated warehouse	5	
		On a shelf in a well-ventilated warehouse	10	
		In a designed phytosanitary-product warehouse	20	
2	What kind of training certificate training do you hold?	Basic certificate	5	
		Expert certificate	10	
		Qualified to fumigate Certificate	20	
3	How far away is your usual filling site or your phytosanitary products application equipment cleaning site from the	Less than 2 metres	-25	
		2-5 metres	-15	
		5-10 metres	-5	
		More than 10 metres	20	

	nearest drain, sewer, ditch or water course?			
4	Do you have located the drainage of your farm?	Yes I have a comprehensive plan showing where all water drains are	15	
		I have a plan but not all the drains are shown	5	
		I do not have a plan	-10	
		I only do the filling in an area located more than 10 metres from the nearest field drain	10	
5	What water source do you usually use for filling the phytosanitary products application equipment?	A water tank	15	
		A hose with a check valve	10	
		A stream or watercourse	-15	
		A drinking trough	-10	
		A hose directly connected to a main water supplier source	-20	
6	Where and when do you check your main sprayer?	I check it outside a designated area for checking the sprayer before filling the phytosanitary products application equipment.	10	
		I check it inside a designated area for checking the sprayer before filling the phytosanitary products application equipment.	5	
		I check it outside a designated area for checking the sprayer after filling the phytosanitary products application equipment.	-10	
		I check it inside the area of product management after filling the phytosanitary application	-5	

		equipment regularly checking for drips and leaks.		
		I check it inside the area of product management after filling the phytosanitary application equipment regularly checking for drips and leaks	20	
7	In what type of ground surface do you usually fill your sprayer in?	A concrete surface draining to a drain	15	
		A concrete surface draining to a farmyard drain	-20	
		A concrete surface with no visible drain	-10	
		A bare soil	5	
		A crop field	15	
8	Where do you usually measure out most of your chemicals?	On the floor/ground, in the filling area	-5	
		On a dedicated table	15	
		On a tray attached to the induction bowl	10	
		I always use exact pack sizes	5	
9	What do you do with if an eventual phytosanitary solution remains in the sprayer?	I spray it on a treated crop (below the maximum dose)	15	
		I spray it on an untreated crop	10	
		I spray it on a waste ground	-5	
		I empty the tank in a drain	-15	
		I empty the disposal tank on an authorised area	10	
10	After the cleaning of the inside of the sprayer, what is with the waste waters?	They are stored into a holding tank for its disposal in an authorised area	10	
		They are poured on the crop fields	15	
		They are poured on a soakaway	-15	
		Line Biobed	20	

		They are stored in a drain for a later professional disposal	20	
TOTAL				

Interpretation of the results:

- More than 50 points: Most practices are correct, but they may not be perfect. Identify any remaining weaknesses.
- 0 to 50 points: You are probably on the right side of the law, but things are not quite right.
- 50 to 0 points: This is an inadequate result. Some things may be correct but some areas are probably letting you down badly.
- Less than -50 points: This is a very poor result and it is quite possibly that you are breaking the law as well as posing a risk to water quality. The way things are done need to be changed immediately.

(Best POSSIBLE SCORE= 165) (Worst POSSIBLE SCORE= -135)

Information source:

Data obtained through a survey conducted to farmers.

References and more information:

- DIRECTIVE 2009/128/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 21 October 2009 establishing a framework for Community action to achieve the sustainable use of pesticides.
 - www.voluntaryinitiative.org.uk (2010). Check it out – Pesticide Handling Areas.
-