

Huella de carbono del cultivo del arándano

Mercedes Romero Gámez. Doctora en Química. Investigadora contratada

Elisa M. Suárez Rey. Doctora en Ingeniería Agrónoma y de Biosistemas. Investigadora titular

Centro IFAPA “Camino de Purchil”. Camino de Purchil s/n, 18004 Granada

El objetivo de este estudio fue evaluar la huella de carbono de diferentes manejos del cultivo de arándano. La metodología empleada fue el Análisis de Ciclo de Vida. Se evaluaron tres sistemas de producción de arándano representativos de la provincia de Huelva. Los resultados indicaron que los materiales y energía utilizados en el sistema de riego fue la fase que más impacto adquirió en los tres sistemas de cultivo evaluados, seguida por la estructura y los fertilizantes.



Introducción

El arándano (*Vaccinium spp.*) se está convirtiendo en un cultivo de alto valor en España, con una superficie total de 4.034 ha, una superficie en producción de 3.200 ha y una producción total de 53.380 toneladas (MAPAMA, 2021a). En la provincia de Huelva se ha producido durante la última década un incremento del cultivo de frutos rojos, principalmente la fresa. Pero la necesidad de diversificar las producciones y atender las demandas del mercado han favorecido la expansión de cultivos como el arándano, que ha sufrido una importante expansión en los últimos años, aumentando su superficie en un 250% en los últimos 5 años (Ruiz y Gavilán, 2022). Concretamente, la superficie de arándano en la provincia de Huelva suma un total de 3.310 ha, con 3.089 plantadas en la campaña anterior, 2020/2021 (Gómez y col., 2021) y su exportación al resto de España es del 58,9% (FEPEX, 2021). El incremento en la superficie de este cultivo es el resultado del aumento de su demanda, debido a factores como su alto valor funcional, gran fuente de antioxidantes, snacks saludables, fáciles de transportar y consumir, etc. Además, hay que destacar el importante crecimiento del consumo per cápita que se ha producido en los últimos años y que se prevé que se seguirá produciendo en el resto de Europa. En 2021, el valor de las exportaciones de arándano al

resto de países europeos (principalmente Alemania), supuso el 18,9% del valor del conjunto de las exportaciones de frutos rojos de España, por detrás de la fresa con un 66,6% (FEPEX, 2021).

El arándano se produce principalmente bajo macrotúnel en producción integrada, seguida con menor proporción en producción ecológica. El cultivo en suelo es el más empleado, aunque se está incrementando el cultivo hidropónico, al permitir un mejor control en el manejo del riego y la fertilización, así como un aumento en la densidad de plantación. Es importante evaluar y calcular las emisiones al aire y al agua causadas por los diferentes sistemas productivos del cultivo de arándano, ya que su huella de carbono va a depender, principalmente, de las diferentes prácticas y técnicas empleadas durante su proceso de producción.

Objetivos

El objetivo de este estudio fue calcular y evaluar la huella de carbono de los sistemas de cultivo de la producción de arándano en la provincia de Huelva y así proponer a los productores una gestión más eficiente y respetuosa con el medio ambiente, sugiriendo, además, posibles estrategias de mitigación de la huella de carbono. Esto nos permitirá mejorar la sostenibilidad de las explotaciones y aumentar la competitividad del sector.



Fotografía 1.

Sistemas de producción de arándano

El estudio se centró en la comparación de tres sistemas representativos de la situación actual de la producción de arándano en la provincia de Huelva. Dentro de estos sistemas se tuvieron en cuenta: el tipo de manejo de pesticidas y fertilizantes (integrado o ecológico) y el tipo de suelo: sustrato (Fotografía 1) o suelo (Fotografía 2). Los sistemas de cultivo de arándano estudiados fueron: bajo macrotúnel con suelo y manejo integrado (MSI), bajo macrotúnel con suelo y manejo ecológico (MSE) y bajo macrotúnel con sistema hidropónico y manejo integrado (MHI).



Fotografía 2.

Recopilación de datos

Los datos de cada uno de los sistemas de producción de arándano evaluados se recogieron de diferentes fuentes bibliográficas, productores y técnicos del sector, así como de datos experimentales durante las campañas desde 2017 a 2021.

Metodología

La metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono derivada de la producción de arándano fue el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), teniendo en cuenta las fases de clasificación y caracterización que definen la norma ISO 14040 (2006). Se trata de una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la sostenibilidad de un proceso agrícola al permitir la identificación de las cargas ambientales asociadas a las actividades de campo relacionadas con la producción de un cultivo.

Fases del proceso de producción de arándano

El alcance de este estudio se limitó a la producción de arándano, considerando desde la preparación del terreno antes de la plantación hasta que el cultivo alcanza plena producción comercial. Se definieron dos unidades funcionales: 1 tonelada de peso fresco comercial de arándano y 1 hectárea de superficie cultivada de arándano. Las principales características de los diferentes sistemas de cultivo evaluados se muestran en la tabla 1. Se elaboró un Inventario de Ciclo de Vida (ICV) en el que se consideraron y calcularon el consumo de materias primas y energía junto con todos los residuos sólidos, emisiones a la atmósfera y vertidos al agua de cada una de las prácticas agrícolas empleadas en cada sistema de producción, las cuales se agruparon en diferentes fases: estructura, sistema de riego,

fertilizantes, pesticidas y manejo del cultivo. La figura 1 muestra un diagrama de flujo para las fases consideradas en cada sistema de producción de arándano.

- **Estructura:** En esta fase se han incluido, la fabricación y transporte de materiales utilizados en la estructura del macrotúnel (hierro y polietileno), la maquinaria empleada en la distribución e instalación de los elementos que componen la estructura del túnel (IFAPA, 2013) y el transporte y gestión de los residuos generados hasta centros de reciclaje (BOJA, 2012).
- **Sistema de riego:** Los sistemas evaluados en este estudio estaban provistos de un sistema de fertirriego, utilizando fertilizantes solubles en agua inyectados a través de líneas de goteo en el sistema de riego. Todos los materiales utilizados en la fabricación de los elementos necesarios para el sistema de riego (acero y polietileno), incluyendo los materiales usados en la instalación del sistema hidropónico (polipropileno y polietileno) se contemplaron en esta fase, así como la maquinaria agrícola necesaria para la instalación del sistema de fertirriego y el transporte y gestión de los residuos generados hasta centros de reciclaje (BOJA, 2012). El agua aplicada y la energía consumida en el fertirriego también se tuvieron en cuenta en esta fase.
- **Fertilizantes:** la fabricación y aplicación de fertilizantes, así como las cantidades totales de nitrógeno y sus emisiones al aire y al agua, y cantidades de fósforo y potasio, se incluyeron en esta fase. En el sistema ecológico, además se distribuyó estiércol en el suelo. Se calcularon las cantidades totales de nitrógeno, fósforo y potasio añadidas en todos los sistemas, así como las emisiones de amoníaco y monóxido de dinitrógeno al aire y lixiviación de nitratos al agua. Las dosis de N, P₂O₅ and K₂O fueron aplicadas siguiendo el manejo de fertilización integrado y ecológico (BOJA, 2017; CE, 2018). El cálculo de las emisiones de N se llevó a cabo de acuerdo con las metodologías propuestas por IPCC (2019), EEA (2016) y PEFGRs (2018).
- **Pesticidas:** Los pesticidas incluidos en cada sistema de cultivo (insecticidas, fungicidas, acaricidas y herbicidas) fueron aquellos permitidos dentro de un manejo integrado, y ecológico (CE, 2018; BOJA, 2017; MAPAMA, 2021b). La fabricación y la maquinaria empleada para su aplicación, así como las emisiones al aire de cada pesticida han sido incluidos en esta fase. Dichas emisiones fueron calculadas mediante la metodología descrita en EEA (2013).
- **Manejo del cultivo:** Esta fase incluyó el uso de maquinaria agrícola empleada en el trabajo de campo, la retirada de la estructura del macrotúnel, del acolchado de plástico y de las tuberías de riego por goteo (tractor, subsolador, grada de discos, etc.). En esta etapa se incluyó también el combustible diésel utilizado en los vehículos agrícolas y herramientas de cultivo.

Tabla 1. Principales características de los sistemas de producción de arándano seleccionados

	MSI	MSE	MHI	Fuente
Productividad (ton ha ⁻¹)	31	10	36	Gavilán y col. (2021), Técnicos y Productores
Ciclo de cultivo (meses)	18	18	18	Técnicos y Productores
Substrato	suelo	suelo	fibra de coco + turba	Técnicos y Productores
Agua aplicada (m ³ ha ⁻¹)	7051	4500	6000	Gavilán y col. (2021), Técnicos y Productores
Electricidad consumida (kWh ha ⁻¹)	1700	1045	1500	Técnicos y Productores
N (kg ha ⁻¹)	183	114	160	Miranda (2021), Técnicos y Productores
P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	80	30	80	Miranda (2021), Técnicos y Productores
K ₂ O (kg ha ⁻¹)	164	75	130	Miranda (2021), Técnicos y Productores

Tabla 1. Principales características de los sistemas de producción de arándano seleccionados.

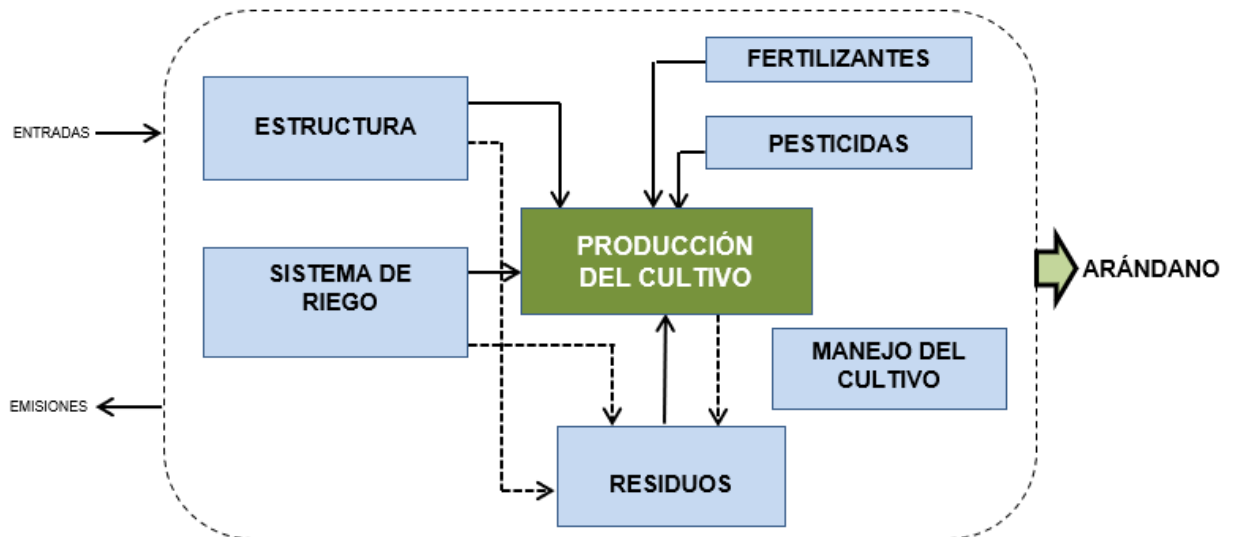


Figura 1. Diagrama de flujo para las fases consideradas en cada sistema de producción de arándano.

Huella de carbono

El impacto ambiental que se ha considerado en este estudio fue la huella de carbono, que es un indicador que mide el impacto sobre el calentamiento global. En este estudio se da a conocer la importancia de la huella de carbono en los diferentes sistemas de producción de arándano con el fin de seleccionar y mejorar las técnicas de producción, equipamiento y estructuras que minimicen dicho impacto. La huella de carbono se expresa en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq). La evaluación de este impacto es importante en los procesos agrícolas y, en nuestro caso, además, es un impacto ambiental crítico debido a la producción de este cultivo en áreas cercanas al Parque Nacional de Doñana.

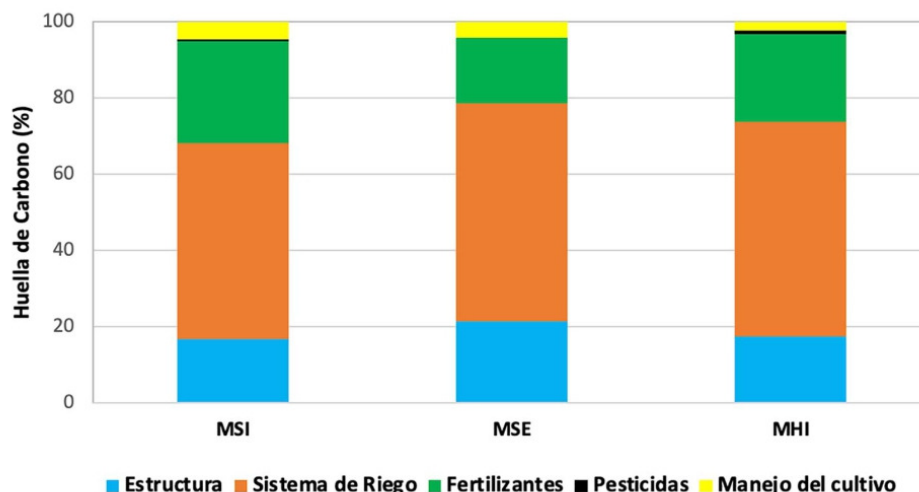


Figura 2. Contribuciones de cada fase a la huella de carbono en diferentes sistemas de producción de arándano.

Resultados

La figura 2 muestra la contribución de la huella de carbono en cada una de las fases que intervienen en el proceso de producción de arándano. Sistema de riego, fertilizantes y estructura fueron las fases con mayor porcentaje de impacto para todos los sistemas considerados. Manejo del cultivo y pesticidas mostraron valores muy bajos o casi nulos.

La energía consumida por el sistema de riego y la fabricación y procesado de los elementos necesarios para la instalación del sistema de riego y el sistema hidropónico fueron los principales causantes de los altos valores en la huella de carbono, de 52% en MSI y 57% aproximadamente, en MSE y MHI (figura 2). En la fase fertilizantes, la huella de carbono adquirió valores máximos de 23% y 27% en los sistemas MHI y MSI, respectivamente, debido a las emisiones al aire y agua causadas por la fabricación y aplicación de fertilizantes, principalmente nitrogenados. Estos resultados coinciden con estudios ambientales realizados en fresa (Khoshnevisan y col., 2013, Tabatabaie y Murthy, 2016, Romero-Gómez y Suárez-Rey, 2020, entre otros). Por otro lado, los materiales de acero y plástico utilizados para la instalación de la estructura del macrotúnel en todos los sistemas, fueron también responsables de la huella de carbono, con valores que oscilan entre el 21% en MSE y el 17% en el resto de los sistemas. Torrellas y col. (2012), Romero-Gómez y col. (2014, 2017), entre otros autores, indicaron que la reducción del impacto del sistema de riego y la estructura debe ser considerada como una prioridad para mejorar la huella de carbono.

Tabla 2. Huella de carbono por tonelada (a) y hectárea (b) de tres sistemas de producción de arándano

a)		MSI	MSE	MHI
Huella de carbono (ton⁻¹)	kg CO ₂ eq	203,58	657,76	221,12
b)		MSI	MSE	MHI
Huella de carbono (ha⁻¹)	kg CO ₂ eq	6310,85	6577,60	7960,34

Tabla 2. Huella de carbono por tonelada (a) y hectárea (b) de tres sistemas de producción de arándano.

Estos resultados muestran que el manejo integrado es más respetuoso con el medio ambiente que el cultivo ecológico, si utilizamos como unidad funcional para el estudio, la producción del cultivo (tabla 2a). Esto se debe a que la productividad del sistema ecológico fue más baja en comparación con el resto de los sistemas (tabla 1). Por otro lado, los valores de la huella de carbono por hectárea cultivada son mayores en el sistema hidropónico (tabla 2b) que en el resto de sistemas. La productividad, el consumo de energía y agua y las dosis de fertilizantes, son más bajas en el sistema hidropónico que en el cultivo en suelo (tabla 1), pero la cantidad de materiales empleados en la estructura y sistema de riego es mayor en MHI y por ello, la huella de carbono también es mayor. Desde el punto de vista medioambiental y productivo, MSI sería la mejor elección (tabla 2a). En la provincia de Huelva, el sistema MSI es el que ocupa mayor superficie. Por otro lado, el cultivo de arándano es muy sensible a la humedad en el suelo y necesita un mayor control de su drenaje, por lo que la hidroponía está aumentando cada vez más en este cultivo (Hernández, 2021). Además, el cultivo hidropónico permite una mayor densidad de plantación y mayores producciones.

Conclusiones

Desde un punto de vista ambiental y productivo, MSI fue el sistema de producción de arándano con menor huella de carbono. Con el fin de mejorar y optimizar la huella de carbono de las técnicas y actividades agrícolas empleadas en los diferentes manejos del cultivo de arándano, se debería llevar a cabo un uso de materiales empleados en la instalación del macrotúnel y del sistema de riego, que sean reciclados y/o con una mayor vida útil, así como un uso de energías renovables y una reducción y ajuste de las dosis de fertilizantes.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada con el proyecto sectorial de investigación PR.AVA.AVA2019.034 Y co-financiada por fondos FEDER. Agradecemos a productores y técnicos de las empresas Cuna de Platero S.A., Fresaflores S.C.A., Perla Huelva y Flor de Doñana Biorganic S.L., por su colaboración para realizar el inventario de ciclo de vida.