

Caracterización técnico-económica y rentabilidad del cultivo de la quinoa en regadío en España

David Martínez-Granados*, Ricardo Martínez-Bastida y Javier Calatrava

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Universidad Politécnica de Cartagena,
Paseo Alfonso XIII 48, 30203 Cartagena, España

Resumen

El aumento continuado de la demanda a nivel mundial de quinoa en la última década está contribuyendo a la expansión de su cultivo fuera de las tradicionales zonas de producción andinas. En España, las principales zonas productoras se sitúan en Andalucía (vegas del Guadalquivir y del Alto Guadalhorce), habiéndose introducido también en zonas de regadío de Castilla y León, Aragón y Cataluña, principalmente. Pese a la ausencia de estadísticas oficiales de precios y estudios de rentabilidad, su expansión sugiere una rentabilidad superior a la de otros cultivos extensivos de regadío. En este artículo se realiza una evaluación de la rentabilidad del cultivo de la quinoa en diferentes zonas de España partiendo de una detallada caracterización técnico-económica del ciclo de cultivo elaborada a partir de bibliografía y la consulta a técnicos, teniendo en cuenta las diferentes necesidades hídricas que el cultivo presenta en cada zona. Los resultados muestran cómo las labores de cultivo son similares a las de otros cultivos extensivos de regadío y cómo su rentabilidad es significativa, aspectos que indudablemente facilitan su difusión. Asimismo, se muestra cómo la rentabilidad del cultivo es muy sensible al precio del agua de riego, lo que imposibilita su expansión en algunas zonas.

Palabras clave: Labores de cultivo, costes de producción, coste del agua, factores de producción, productividad.

Technical-economic characterization and profitability of irrigated quinoa in Spain

Abstract

The continued increase in worldwide demand for quinoa in the last decade is contributing to the expansion of its cultivation outside of the traditional Andean production areas. In Spain, the main producing areas are located in Andalusia (valleys of the Guadalquivir and Alto Guadalhorce), being also cultivated in irrigated areas of Castilla y León, Aragon and Catalonia, mainly. Despite the lack of official price statistics and profitability studies, its expansion suggests a higher profitability than other extensive irrigated crops. This study evaluates the profitability of the cultivation of quinoa in different areas of Spain, based on a detailed technical-economic characterization of the cultivation cycle prepared from bibliography and consulting technicians, and considering the differing water needs of the crop in each zone. The results show that the crop's farming practices are similar to those of other extensive irrigated crops and that its profitability is significant, aspects that undoubtedly facilitate its dissemination. However, it is also found that the profitability of the crop is very sensitive to the price of irrigation water, which makes its expansion in some areas impossible.

Keywords: Farming operations, production costs, cost of water, production factors, productivity.

* Autor para correspondencia: david.martinez@upct.es

Introducción

La Quinoa (*Chenopodium quinoa*) es un cultivo originario de la cordillera de los Andes (Vargas Huanca et al., 2015), siendo Bolivia, Ecuador y Perú los principales países productores del mundo. Sin embargo, en los últimos años la creciente demanda mundial ha propiciado, además de un notable incremento de la superficie y la producción en los países andinos (FAOSTAT, 2021), la expansión de su cultivo hacia otras zonas del mundo como Europa, Norteamérica y Asia (FAO-ALADI, 2014). Esta expansión se ha producido gracias a que la quinoa se adapta bien a un amplio rango de temperaturas y humedad y diferentes tipos de suelo. Así mismo, es considerado un cultivo resiliente al cambio climático y soporta bien la sequía, lo que le confiere facilidad para ser producida en zonas con escasez hídrica. Además, la relativa facilidad de realización de las labores culturales, así como su rentabilidad, que puede llegar a ser alta, le confieren cierto atractivo para ser cultivada (Suquilanda Valdivieso, 2012).

En la Figura 1 puede verse como hasta mediados de la década de los 2000 la producción mundial de quinoa creció a un ritmo muy lento hasta alcanzar las 60.000 toneladas anuales, la mayor parte de las cuales se destinaban al consumo interno en los países productores, manteniéndose un precio medio bastante estable en términos reales, aunque con una tendencia ligeramente decreciente. En 2008 se inicia un proceso de expansión de la producción, que llega a triplicarse entre 2008 y 2014 debido al notable incremento de la demanda mundial, creciendo las exportaciones en ese mismo período un 710 %. Este incremento de la demanda mundial se vio reflejado en el auge de los precios, que alcanzaron un máximo de 2014, justo tras la declaración por la FAO de 2013 como el Año Internacional de la Quinoa. En años recientes se ha producido una cierta estabilización del mercado mundial, con un crecimiento más moderado de las exporta-

ciones y una corrección a la baja de los precios percibidos por los productores (Figura 1), aunque, si se consideran solamente los últimos diez años de la serie, no se observa la existencia de una tendencia estadísticamente significativa en el precio.

A pesar de que la región andina sigue siendo la zona con mayor superficie cultivada y producción a nivel mundial, se tiene constancia por la literatura de la existencia del cultivo en Europa, India, Canadá, EEUU y Australia (FAO y CIRAD, 2015) aunque apenas hay estadísticas que la recojan. Sin embargo, este hecho demuestra que la quinoa tiene un gran potencial para ser cultivada en otras partes del mundo (Galwey, 1992; Jacobsen and Stølen, 1993; Jacobsen, 1997). En Europa, el cultivo se introdujo por primera vez en Reino Unido en la década de los 70. Gracias a la mejora genética se obtuvieron variedades adaptadas al norte de Europa, lo que suscitó el interés de otros países como Austria, Grecia, Polonia, etc. (Jacobsen, 2017). Pese a esto, en 2019 las importaciones de quinoa por parte de la UE ascendieron hasta las 47.314 t (FAOSTAT, 2021).

Aunque los primeros ensayos experimentales con quinoa en España datan de la década de los noventa, su expansión como cultivo comercial se inicia en Andalucía en la pasada década, siendo las principales zonas productoras el Valle del Guadalquivir y las vegas del Alto Guadalhorce, produciéndose también una tímida expansión a otras zonas de regadío de interior, principalmente de Aragón, Castilla y León, Cataluña, Castilla La Mancha. En 2020 la superficie total de quinoa cultivada en España fue de 6.925 ha entre secano y regadío con una producción de 24.692 t, de las que el 94,4 % de la superficie y el 98,5 % de la producción correspondieron a Andalucía, y un incremento del 68 % de la superficie cultivada entre 2015 y 2020 (Gobierno de Aragón, 2016, 2017 y 2018; Generalitat de Catalunya, 2016, 2017 y 2018; Junta de Andalucía, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019; Junta de Castilla y León, 2017 y 2018; MAPA, 2020a).

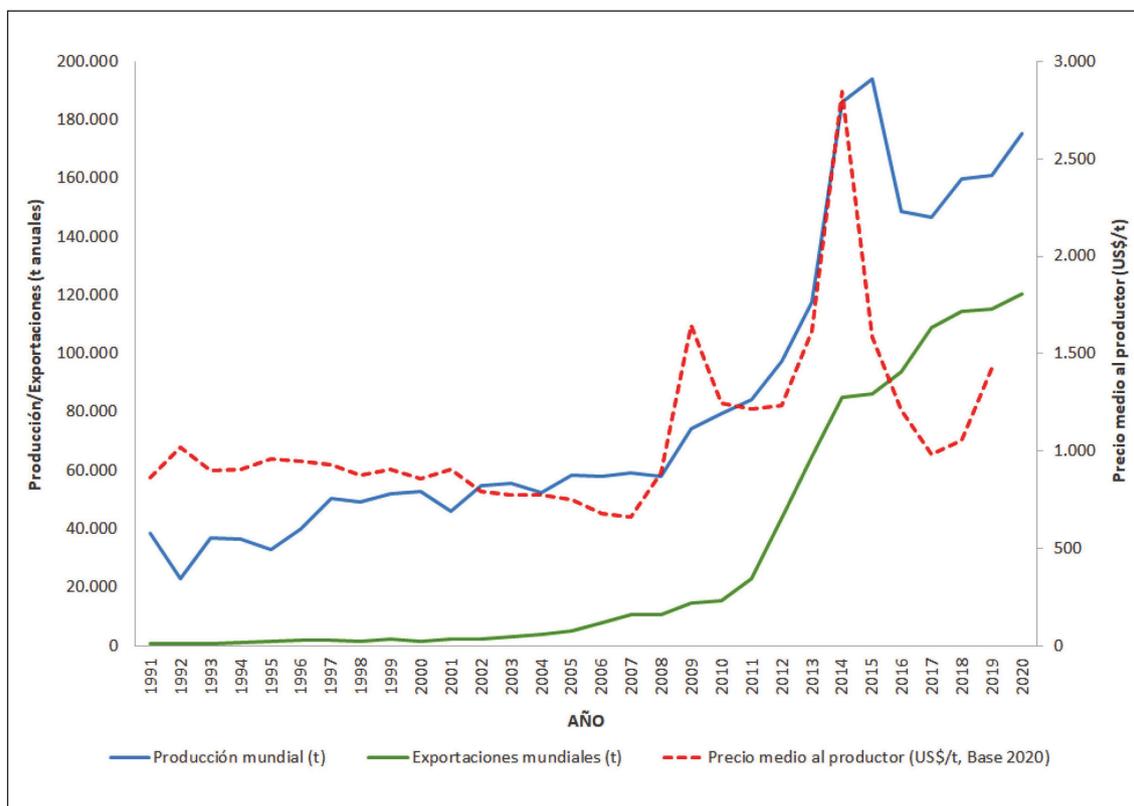


Figura 1. Evolución mundial de la producción, las exportaciones y el precio medio al productor de quinoa (1991-2020). Fuente: Elaboración propia a partir de FAOSTAT (2021). El precio es la media ponderada, actualizada a 2020, del precio medio anual al productor para los países andinos.

Figure 1. Evolution of world production, exports and average price to producer of quinoa (1991-2020). Source: Own elaboration based on data from FAOSTAT (2021). The price is the weighted average, in 2020 values, of the annual average price to producer for Andean countries.

En cuanto a los rendimientos que el cultivo puede llegar a alcanzar, y pese a la escasez de estadísticas oficiales, la existencia de datos para varios años en Andalucía y en Cataluña permite dar una idea del potencial productivo del cultivo. En Andalucía los rendimientos medios para el periodo 2015-2020 fueron 2.154 kg/ha en secano y 3.811 kg/ha en regadío, con unos rendimientos máximos de 3.148 kg/ha y 5.305 kg/ha en secano y regadío respectivamente (Junta de Andalucía, 2015, 2016, 2017, 2018 y 2019; MAPA, 2020a). En el caso de Cataluña, los rendimientos medios

para el período 2016-2020 fueron 2.089 kg/ha en secano y 3.226 kg/ha en regadío, con unos valores máximos de 2.643 kg/ha y 4.000 kg/ha respectivamente (Generalitat de Catalunya, 2016, 2017, 2018, 2019 y 2020; MAPA, 2020a).

Pasando a la rentabilidad del cultivo, los trabajos existentes que abordan el análisis de los costes de producción y la rentabilidad del cultivo de quinoa corresponden a países de América del Sur, siendo principalmente tesis doctorales. La mayoría de estos trabajos realizan un análisis de los costes de producción

por hectárea del cultivo y el cálculo de diferentes indicadores de rentabilidad (Calderón Vásquez, 2014; Peralta *et al.*, 2014; Soncco Mendoza, 2017; Vilca Zeda, 2017; Yucra Callata, 2017; Aracena y Tolaba, 2018; Regaño y Valencia, 2018). Solamente el trabajo de Porrás Jorge (2015) compara la rentabilidad del cultivo para diferentes sistemas de riego, considerando los diferentes costes de operación, mantenimiento e inversión de cada uno, así como los diferentes costes del agua de riego en base al mayor o menor volumen de agua aplicado en función de la eficiencia de riego correspondiente. En España no se han encontrado trabajos similares, probablemente por lo novedoso del cultivo, el escaso número de empresas productoras y su relativo hermetismo.

Aunque existen algunos trabajos que caracterizan el cultivo desde el punto de vista técnico, analizando su viabilidad (Calvo García *et al.*, 2014; Macià i Rodríguez, 2018), o que analizan la rentabilidad de su procesamiento industrial (Villacorta, 2019), no existe ninguno que realice una caracterización detallada desde el punto de vista técnico o que analice su rentabilidad en España. Pese a ello, la reciente expansión del cultivo de la quinoa sugiere que éste podría suponer una oportunidad de negocio. En este sentido, este trabajo tiene un doble objetivo. En primer lugar, se pretende, realizar una caracterización técnico-económica exhaustiva de un ciclo productivo de quinoa en regadío, detallando todas las labores de cultivo a realizar y sus costes asociados y bajo diferentes alternativas de tenencia de la maquinaria necesaria y para diferentes sistemas de riego, reflejando las prácticas habituales en el sector de los cultivos extensivos. Para esta caracterización, se ha partido de información primaria obtenida de entrevistas y consultas a técnicos y agricultores especialistas, así como de la consulta de bibliografía para contrastar y dar consistencia a la información previamente obtenida en dichas entrevistas. En segundo lugar,

se busca realizar un análisis comparativo de la rentabilidad del cultivo en regadío en diferentes zonas del país, prestando especial atención al papel que el coste de los recursos hídricos puede tener sobre la misma. Esto se justifica por las notables diferencias en el precio del agua de riego existentes en diferentes zonas de España, sumado a las diferentes necesidades de riego de la quinoa en función de las características climáticas de la zona en que se cultive. Se parte de la hipótesis de que el coste del agua de riego puede ser un factor limitante para la viabilidad económica del cultivo. Se trataría, por tanto, del primer estudio, al menos que conste a los autores, que realiza una comparativa de productividad y rentabilidad de la quinoa y evalúa el impacto del factor agua sobre su rentabilidad en diferentes zonas del territorio español.

Material y métodos

Para calcular la rentabilidad del cultivo de quinoa en España se ha partido de una caracterización técnico-económica del ciclo de cultivo elaborada a partir de información primaria obtenida en entrevistas a expertos del sector, así como de la literatura (FAO, 2016a) y de estadísticas oficiales nacionales. Las entrevistas se realizaron durante 2020 a dos técnicos de las principales empresas productoras de quinoa de Andalucía, con los objetivos de obtener información acerca del itinerario técnico del cultivo en España y de validar la información técnica obtenida de la bibliografía. Se han considerado siete zonas en el análisis: Sevilla y Málaga por ser algunas de las principales zonas productoras; Cuenca, León, Huesca y Lérida por concentrar una pequeña superficie de quinoa; y la costa de Murcia por su potencial agroclimático para el cultivo, el interés existente por cultivos alternativos menos demandantes de agua y como zona representativa de unos precios del agua superiores a la media nacional (CHS, 2015).

El concepto de ciclo de cultivo o ciclo productivo que se usa en este trabajo es aquel que se adapta al ciclo natural del cultivo, desde la preparación del terreno hasta la cosecha. De esta manera, se pueden estimar los costes de producción, la productividad y rentabilidad del cultivo de una manera más cercana a la realidad (Ballesteros, 2000). Además, las labores se organizan cronológicamente, lo cual le da a la caracterización técnica un carácter de guía estándar de cultivo. Por último, se han diseñado cuatro alternativas de cultivo, considerando diferentes regímenes de tenencia de la maquinaria (maquinaria propia de la explotación o subcontratación de las labores) y diferentes sistemas de riego (localizado y aspersión).

Las necesidades reales de riego del cultivo en cada zona se han calculado, utilizando la metodología propuesta por (FAO, 2006; García Villanueva et al., 2017), como: $ET = [(ET_o \times K_c) - P_e] / E_f$. ET son las necesidades reales de riego; K_c es el coeficiente de cultivo definido por la FAO; ET_o es la evapotranspiración de referencia; P_e es la precipitación efectiva; E_f es el coeficiente de aplicación efectiva. Se ha tenido en cuenta una E_f del 80 % en riego por aspersión y del 90 % en el localizado (FAO, 2001a). Además, se han incluido los volúmenes correspondientes a los riegos previos a la siembra, que son recomendables para facilitar las labores de preparación del terreno. La ET_o y P_e medias se han calculado con datos mensuales de los últimos 20 años, provenientes de estaciones agroclimáticas situadas en las zonas de cultivo, más concretamente, las de Lebrija I, Antequera, Villanueva de la Jara, Bustillo del Páramo, Huesca, Castellidans y La Aljorra para las zonas de Sevilla, Málaga, Cuenca, León, Huesca, Lérída y la costa de Murcia respectivamente (Generalitat de Catalunya, 2021; MAPA, 2021).

A partir de la caracterización técnica de las labores del cultivo, se ha construido la estructura de costes del cultivo, diferenciando en-

tre dos categorías, los costes variables del ciclo productivo, que están compuestos por todos aquellos costes de insumos que se sumen a lo largo de un único ciclo de cultivo y los costes fijos que son todas aquellas partidas atribuibles solo indirectamente al proceso o ciclo productivo (Ballesteros, 2000).

Los costes del agua se han calculado considerando los precios medios en cada zona de estudio obtenidos de los Planes Hidrológicos vigentes (CHG, 2015; CHGuadiana, 2015; CHD, 2015; CHE, 2015; CHS, 2015). Así mismo, para el cálculo del coste de la energía consumida durante el riego se ha tenido en cuenta la tarifa media del Kw/h de 2020 (EUROSTAT, 2020). Los costes de las semillas, fertilizantes y fitosanitarios se han obtenido de información primaria consultada a agricultores y casas comerciales. Para los costes de la mano de obra se han consultado los convenios colectivos del sector agropecuario vigentes en cada zona (Sevilla 2017-2021; Málaga 2019-2020; Cuenca 2018-2019; León 2018-2021; Huesca 2018-2021; Lérída 2019 y Región de Murcia 2019) y se han tenido en cuenta los diferentes seguros sociales del Régimen General de la Seguridad Social (Seguridad Social, 2021).

Para los costes de los trabajos realizados por otras empresas se ha consultado a técnicos del sector y la literatura (De Juan Valero et al., 2003), actualizándose al valor monetario del año 2021. Los cánones de arrendamiento se han obtenido de la Encuesta de Cánones de Arrendamiento Rústico 2019 (MAPA, 2020b). Los costes de amortización y conservación de la maquinaria se han calculado siguiendo la metodología propuesta en la plataforma para el conocimiento del medio rural y pesquero del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA, 2020c). Así mismo, para el cálculo de los costes de amortización de los sistemas de riego, se ha llevado a cabo el diseño de una explotación tipo, utilizando los costes de referencia de las bases reguladoras de las ayudas destinadas a los jóvenes agri-

cultores para la creación de empresas agrarias y la inversión de sus explotaciones en el marco del programa de desarrollo rural de la Región de Murcia 2014-2020 (CARM, 2015). En cuanto al precio, ante la inexistencia de fuentes estadísticas de precios al productor de quinoa en España o en Europa, se han utilizado como referencia los precios al productor para los países andinos que proporciona la FAO (FAOSTAT, 2021). Aunque los condicionantes del cultivo y los costes de producción son muy diferentes a los europeos, se trata de la única referencia pública de precios al productor encontrada. Además, las fuentes de información que proporcionan precios a la exportación suelen estar referenciadas al mercado andino que, al ser la mayor zona productora del mundo, es la que marca los precios mundiales. En concreto, se ha utilizado el valor medio de la serie estacionaria de precios anuales al productor ponderados y actualizados en los países andinos para el período 2009-2019 (FAOSTAT, 2021), valor que se ha convertido a euros. Para las ayudas de la PAC de Derechos de Pago Básico (DPB), se han tenido en cuenta los valores medios de 2019 para cada región productiva, recogidos en el proceso de asignación de los Derechos de Pago Básico del Fondo Español de Garantía Agraria (MAPA, 2019).

Los rendimientos de cultivo considerados se han obtenido de diferentes fuentes autonómicas y nacionales (Gobierno de Aragón, 2017; Generalitat de Catalunya, varios años; Junta de Andalucía, varios años; Junta de Castilla y León, 2019; MAPA, 2020a). En ausencia de datos estadísticos de rendimientos para la Región de Murcia, se han considerado los mismos rendimientos que en Sevilla, que es la zona productora de referencia a nivel nacional, y que presenta además una mayor similitud climática con la Región de Murcia, para poder así analizar el efecto de unos mayores precios del agua sobre la rentabilidad del cultivo.

Finalmente, los indicadores económicos de rentabilidad se han calculado en base al método de producción agraria y del margen de explotación (Segura et al., 2006). El margen neto se ha calculado como la diferencia entre los ingresos brutos con o sin DPB y los costes variables, los costes indirectos pagados y los costes de amortización. Para el cálculo del beneficio se han descontado además los costes indirectos no pagados, que incluyen el valor de la renta de la tierra.

Resultados y discusión

Caracterización técnico-económica del ciclo de cultivo

En este apartado se presenta la caracterización técnico-económica para un ciclo estándar de quinoa. La información de las labores y sus costes asociados se muestra en la Tabla 1. Asimismo, se incluyen los costes de las labores en caso de ser subcontratadas. En primer lugar, para implantar la quinoa es necesario realizar una preparación del terreno que incluye labores como el surcado, arado, desterronado y la nivelación del suelo. Dicho conjunto de labores contribuye al correcto establecimiento del cultivo y la germinación de la semilla y se suele hacer entre los meses de enero y febrero, previo a la siembra. Habitualmente se realizan con la ayuda de un tractor y un apero diferente en cada una de ellas. Se empieza con el asurcado del terreno y posteriormente, dependiendo del estado del terreno se puede aplicar un riego abundante para facilitar la labor, que a su vez puede ser estratégico para favorecer la proliferación temprana de malas hierbas que posteriormente se retiran con el arado (Carrasco et al., 2015). Esta estrategia puede disminuir las malas hierbas hasta en un 30 %, al realizarse en la etapa inicial (FAO, 2016a). Posteriormente, se lleva a cabo el arado, que consiste en desmenuzar la pri-

Tabla 1. Labores y costes asociados a lo largo de un ciclo de cultivo de quinoa.
 Table 1. Farming operations and associated costs throughout a quinoa crop cycle.

Labor	€/ha	%	Subcontratar (€/ha)	%
Preparación del terreno: Surcado (2 h tractor + subsolador x 12,24 €/h + 2 h tractorista x 8,31 €/h)	41,10	3,60	104,62	6,37
Abonado de fondo (1 h tractor + abonadora x 8,35 €/h + 1 h tractorista x 8,31 €/h + 260 € fertilizantes)	276,66	24,23	294,71	17,95
Preparación del terreno: Arado (0,6 h tractor + grada discos x 8,35 €/h + 0,6 h tractorista x 8,31 €/h)	10,00	0,88	20,83	1,27
Preparación del terreno: Desterronado (0,6 h tractor + rotavator x 8,35 €/h + 0,6 h tractorista x 8,31 €/h)	10,00	0,88	20,83	1,27
Preparación del terreno: Nivelado (0,5 h tractor + rulo liso x 8,35 €/h + 0,5 h tractorista x 8,86 €/h)	8,33	0,73	17,36	1,06
Instalación del sistema de riego (4 h tractor + enrollador mangueras x 8,35 €/h + 4 h tractorista x 8,31 €/h + 4 h peón x 8,21 €/h)	99,48	8,71	239,24	14,57
Abonado de cobertura (1,5 h tractor + abonadora x 8,35 €/h + 1,5 h tractorista x 8,31 €/h + 285 € fertilizantes)	309,99	27,15	337,07	20,53
Siembra (1,5 h tractor + sembradora x 8,35 €/h + 3 h tractorista x 8,31 €/h + 3 h peón x 8,21 €/h + 2 kg semillas x 40,56 €/kg)	143,21	12,54	174,75	10,64
Eliminación de malas hierbas (0,5 h tractor + rastra x 8,35 €/h + 0,5 h tractorista x 8,31 €/h)	8,33	0,73	34,71	2,11
Tratamientos fitosanitarios Mildiu (1 h tractor + pulverizador x 8,35 €/h + 1 h tractorista x 8,31 €/h + 59,1 € productos)	75,76	6,64	95,40	5,81
Aporcado (1 h tractor + aporcador x 8,35 €/h + 1 h tractorista x 8,31 €/h)	16,66	1,46	34,71	2,11
Tratamientos fitosanitarios insectos (1 h tractor + pulverizador x 8,35 + 1 h tractorista x 8,31 €/h + 84,46 € productos)	101,12	8,86	120,75	7,35
Revisión de la instalación de riego (5 h peón x 8,21 €/h)	41,05	3,60	147,09	8,96
Cosecha (1,5 h cosechadora x 48,4 €/h + 1,5 h conductor x 9,09 €/h + 1,5 h camión x 32,26 €/h + 1,5 h conductor x 8,31 €/h)				

Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida en entrevistas con expertos del sector, casas comerciales, y de De Juan Valero et al. (2003); CARM (2015 y 2019); MAPA (2020b).

mera capa del suelo hasta los 30 cm de profundidad (Carrasco et al., 2015). Esta labor se realiza para favorecer el desarrollo radicular, dotar al suelo de una mejor absorción del agua, disminuir la cantidad de huevos y larvas de insectos presentes en el suelo e incrementar el contenido en materia orgánica por el enterramiento de las malas hierbas. A continuación, se realiza el desterronado que consiste en eliminar los terrones demasiado grandes, y así mejorar la textura del terreno (FAO, 2016a). Finalmente, se realiza el nivelado que tiene como objetivo disminuir las irregularidades que pudiera presentar el suelo, facilitando la distribución uniforme del agua de riego (Carrasco et al., 2015). Terminada la preparación del terreno, se suele proceder a la instalación del sistema de riego que consiste en la colocación de las mangas, goteros o aspersores, según proceda. Los costes asociados a estas labores suelen ser los de la maquinaria y la mano de obra implicadas (Tabla 1).

A continuación, se realiza la siembra de la quinoa. La época más apropiada para realizarla dependerá de varios factores como la variedad, la disponibilidad de agua y/o la ubicación del terreno. Habitualmente, en zonas con clima mediterráneo se suele sembrar entre el final del invierno y comienzo de la primavera, intentando siempre evitar las bajas temperaturas del invierno para reducir problemas de heladas y la coincidencia de las altas temperaturas del verano con la formación del grano, ya que puede reducir el rendimiento de la cosecha. Por lo tanto, una vez que se han superado las bajas temperaturas del invierno, la siembra se suele hacer entre la segunda mitad de febrero y la segunda de abril, dependiendo de la zona mediterránea donde se vaya a cultivar (FAO, 2001b). La siembra en surcos, suele ser el sistema más empleado, con pendiente favorable para facilitar la distribución del agua sin llegar a erosionar el terreno (Rodríguez Calle, 2005). Entre los surcos se deja una distancia de en-

tre 40 cm y 80 cm y una profundidad de aproximadamente 15 cm. La semilla se debe enterrar como máximo a 2 cm con unas densidades de siembra en la zona mediterránea de entre 1-3 kg/ha (FAO, 2001b; Villacorta, 2019). Comúnmente, se suele usar una sembradora de cereales de grano pequeño-medio adaptada a las semillas de quinoa (FAO, 2016a). Los costes de la siembra son el sumatorio de los costes de maquinaria, mano de obra y las semillas.

La quinoa necesita una óptima fertilización para obtener un buen estado vegetativo de las plantas y maximizar la producción. Las labores de fertilización deben comenzar justo antes de la siembra, paralelas a las de preparación del terreno, con un abonado de fondo. Los fertilizantes que contienen nitrógeno, fósforo y potasio, se deben aplicar cerca de las semillas y mezclados con el suelo. Más tarde, durante el ciclo vegetativo de las plantas, se suele realizar un abonado de cobertura. Para calcular las necesidades de N-P-K, se deben tener en cuenta una serie de factores como el marco de plantación, la variedad de quinoa, el tipo de suelo, el estado nutricional de las plantas y el cumplimiento de las normas de la producción integrada. Los costes asociados son los relativos a la maquinaria y mano de obra, así como el coste de los fertilizantes (Tabla 1).

Por su parte, las labores de riego, al igual que en otros cultivos extensivos, se pueden llevar a cabo con diferentes sistemas presurizados como riego por aspersión, localizado o pivot. Sin embargo, para la elección del sistema de riego hay que tener en cuenta entre otros factores, las condiciones edafoclimáticas y la disponibilidad de recursos hídricos de la zona donde se cultive, así como la inversión que se esté dispuesto a realizar. Una vez seleccionado el sistema de riego se diseñará la programación de riego para cubrir las necesidades hídricas totales de la planta. Los costes suelen ser los del agua aplicada y la energía

consumida por el sistema. Aunque generalmente se trata de una labor automatizada, es necesario el empleo de algún peón para realizar una revisión y mantenimiento del sistema. Los costes del agua y la energía no se incluyen en la Tabla 1, ya que variarán dependiendo de las necesidades hídricas del cultivo y de la tarifa del agua en cada zona donde se cultive. Por lo tanto, se han tenido en cuenta exclusivamente en el análisis de la rentabilidad que se presenta en apartados posteriores.

Las plagas y enfermedades que comúnmente pueden atacar a la quinoa son el Mildiu y diferentes especies de chinches, pulgones y lepidópteros. Las estrategias de control comúnmente se llevan a cabo con la aplicación de tratamientos químicos, biotecnológicos, biológicos y de cultivo. Sin embargo, la aplicación de productos fitosanitarios debe limitarse para cumplir con las normas de la Gestión Integrada de Plagas (GIP) y no sobrepasar el Límite Máximo Permitido (LMR). Para tratar el Mildiu, se suelen dar dos tratamientos, aunque también se pueden llevar a cabo una serie de prácticas alternativas como hacer un control cultural utilizando semillas resistentes a la enfermedad, o realizar una rotación de cultivos con leguminosas. Asimismo, se pueden retirar las plantas enfermas o que presenten síntomas de la enfermedad, o bien prevenir su aparición mediante una densidad de cultivo adecuada y un buen sistema de drenaje (FAO, 2016a,b). Para el control de chinches, pulgones y lepidópteros, se suelen dar tantos tratamientos como sea necesario, en función de la mayor o menor incidencia de la plaga. Se suele tratar conjuntamente, ya que es habitual que proliferen en épocas de altas temperaturas y escasas precipitaciones. Adicionalmente, existen una serie de recomendaciones que se pueden realizar para su control. Estas van desde la realización de un laboreo profundo, la rotación de cultivos y la colocación de trampas atrayentes, hasta la elección de épocas

de siembra con baja densidad de insectos, favorecer la aparición de enemigos naturales, evitar el uso de insecticidas que generen resistencias, el uso de variedades resistentes y el control de plantas que podrían actuar como huésped (FAO, 2016a,b). Los costes asociados al control de plagas y enfermedades son los de la maquinaria, la mano de obra empleada y los productos fitosanitarios aplicados (Tabla 1).

Las malas hierbas pueden generar diversos problemas de competencia por el agua, luz y nutrientes, llegando a provocar un descenso en los rendimientos de la cosecha e impactos sobre la rentabilidad. La eliminación de estas se realiza habitualmente de manera mecanizada mediante un desbroce con un apero llamado rastra, siendo los costes los de la maquinaria y mano de obra empleadas. El control de malas hierbas se suele realizar cuando las plantas de quinoa tienen una altura aproximada de 15-20 cm y presentan 8-10 pares de hojas verdaderas, y antes del abonado de cobertera para disminuir la posible competencia por los nutrientes.

Además de las labores que ya se han detallado, existen otras dos labores que se pueden realizar. En primer lugar, la labor de desahijado o aclarado que consiste en eliminar el exceso de plantas del mismo cultivo para evitar competencias entre ellas. Normalmente se realiza antes del aporcado y cuando las plantas están en fase de floración. Sin embargo, es una labor con un coste de mano de obra muy elevado, ya que se realiza manualmente, por lo que es preferible evitarla en la medida de lo posible. Así pues, con una sembradora de precisión y un marco de plantación adecuado se suele reducir o eliminar la necesidad de realizarla. En segundo lugar, el aporcado que consiste en acumular tierra en la base del tallo para permitir una mayor fijación de las raíces al suelo y evitar así la caída de plantas de gran porte; comúnmente se realiza de manera mecanizada con un apero aporcador (Flores Martínez et al., 2010). Al

igual que en otras labores, los costes asociados suelen ser los de uso de la maquinaria y la mano de obra empleada (Tabla 1).

Finalmente, se realiza la cosecha que está totalmente mecanizada y se lleva a cabo con una cosechadora autopropulsada de cereales de grano medio con trilladora incorporada, que va separando el grano de la panoja, y un camión para recoger toda la producción. Generalmente, esta labor se subcontrata a otra empresa al igual que ocurre en la cosecha de otros cultivos extensivos, debido al alto coste que supone adquirir la maquinaria necesaria.

Análisis de costes totales de producción y rentabilidad del ciclo de cultivo

La estructura de costes que se muestra en la Tabla 2 se ha elaborado a partir de la caracterización técnico-económica presentada en la Tabla 1. Se consideran las combinaciones de dos sistemas de riego (aspersión y localizado) y dos regímenes de tenencia de maquinaria (propia y alquilada). Como ejemplo de la rentabilidad que puede alcanzar el cultivo se muestran los costes de la zona del Valle del Guadalquivir en Sevilla (Tabla 2), por ser una de las principales zonas productoras de España.

Tabla 2. Intervalo de costes de producción y rentabilidad de un ciclo de cultivo de quinoa, bajo diferentes sistemas de riego y regímenes de tenencia de maquinaria.

Table 2. Interval of production costs and profitability of a quinoa crop cycle, under different irrigation systems and machinery ownership regimes.

	MAPE + SRL	SL + SRL	MAPE + SRA	SL + SRA
Rendimiento (Kg/ha)	3.657,00			
Total costes variables (€/ha)	1.682,40	2.006,14	1.677,53	2.001,27
Coste materias primas (€/kg)	769,68			
Coste del riego (€/ha)	319,29		314,42	
Coste uso maquinaria (€/ha)	356,13	818,65	356,13	818,65
Coste mano de obra (€/ha)	237,30	98,52	237,30	98,52
Costes fijos (€/ha)	1.402,52	1.054,79	1.308,07	960,34
Costes indirectos pagados (€/ha)	228,20	21,00	228,20	21,00
Amortizaciones (€/ha)	350,31	209,78	255,86	115,33
Otros Costes indirectos no pagados (€/ha)	824,01			
Costes totales de producción (€/ha)	3.084,92	3.060,93	2.985,60	2.961,61
Coste medio producción (€/kg)	0,84	0,84	0,82	0,81
Precio medio de venta (€/kg)	1,01			
Margen neto (€/ha)	1.939,75	1.963,74	2.039,05	2.063,04
Umbral de rentabilidad (Kg/ha)	2.550,26	2.285,93	2.372,79	2.075,27

Fuente: Elaboración propia a partir de la información generada en la caracterización técnico-económica del cultivo y la información obtenida de Junta de Andalucía (2015, 2016, 2017, 2018 y 2019); CHG (2015); FAOSTAT (2021) y MAPA (2020a,b y 2021). Denominación de las alternativas: MAPE: Maquinaria activo propio de la explotación; SL: Subcontratación de las labores; SRL: Sistema de riego localizado; SRA: Sistema de riego por aspersión.

Los resultados muestran como todas las alternativas presentan unos costes variables similares, aunque un poco más altos en las alternativas con riego localizado. Con el sistema de riego por aspersión es necesario aplicar más volumen de agua para cubrir las necesidades hídricas de la quinoa, debido a la menor eficiencia de aplicación que presenta este sistema. Por lo tanto, con el nivel de precios del agua de riego en la zona de Sevilla, el coste del agua total aplicada es un 10,8 % mayor en las alternativas con riego por aspersión. Sin embargo, esto no se traduce en unos niveles mayores de costes del riego y costes variables que las alternativas con riego localizado, la razón es que en las alternativas con riego localizado los costes de mantenimiento del sistema son mayores y compensan dichas diferencias. Si bien es cierto, que el coste de los recursos hídricos depende del precio y se podrían dar diferencias mayores a medida que este aumentara. Además, el coste de amortización del sistema de riego localizado es un 45 % superior, lo que se traduce en unos mayores costes fijos. Analizando las alternativas en base al régimen de tenencia de la maquinaria, las alternativas en las que las labores se subcontratan son precisamente las que presentan unos menores costes totales. Porque, si bien es cierto que los costes de la partida de maquinaria son un 56,4 % superiores en las alternativas con subcontratación de las labores, por otro lado, presentan unos costes de mano de obra un 58,5 %, inferiores. Además, al no existir maquinaria propia en la explotación no hay costes relativos a seguros y los costes de amortización son un 40,1 % inferiores a los de las alternativas que hacen uso de su propia maquinaria. Así mismo, la alternativa con sistema de riego por aspersión y subcontratación de las labores es la que mayores niveles de rentabilidad presenta. El umbral de rentabilidad para esta alternativa se sitúa entre un 12,5 % y un 18,6 % menor que en las alternativas con maquinaria propia y un 9,2 %

inferior a la alternativa con sistema de riego localizado y subcontratación de las labores. Si bien es cierto, que todas las alternativas presentan rentabilidades del mismo orden de magnitud, con unas diferencias por hectárea del orden del 1,2-6,0 % aproximadamente.

Para analizar la consistencia de estos resultados, es necesario comparar el umbral de rentabilidad en términos del coste medio de producción, situado entre 0,81 €/kg y 0,84 €/kg según alternativa, con los precios medios al productor de la última década. Si bien en la última década la volatilidad de los precios ha sido acusada (Figura 1), en gran medida debido a una significativa expansión de la demanda y al posterior proceso de ajuste del mercado internacional, los precios medios al productor durante el período 2009-2019 están en todo caso por encima de los umbrales de rentabilidad en la Tabla 2. Más concretamente, el precio mínimo, en términos reales, del período considerado es de 0,843 €/kg para 2017, siendo el siguiente menor precio 0,909 €/kg en 2018. En los demás años del mencionado período el precio medio supera el valor de 1 €/kg.

Análisis comparativo de costes de producción, productividad y rentabilidad del cultivo de quinoa en diferentes zonas de España

Para el análisis se ha seleccionado la alternativa con sistema de riego por aspersión y labores subcontratadas ya que es la alternativa que presenta una mayor rentabilidad en todas las zonas. Además, parece lógico que para comparar entre zonas en las que habitualmente no hay problemas de disponibilidad de recursos hídricos (exceptuando la costa de Murcia), se seleccione el sistema de riego por aspersión, que además es el más utilizado en el riego de cultivos extensivos.

La rentabilidad de la quinoa puede verse afectada por múltiples factores, siendo de especial interés para este estudio el coste del

agua de riego, factor que presenta notables diferencias entre zonas, lo que, sumado a las diferentes necesidades hídricas que presenta el cultivo en cada zona, puede suponer un notable impacto sobre la rentabilidad del cultivo, llegando incluso a hacer inviable su expansión a zonas con precios del agua altos. No hay que obviar que la cantidad de agua a aplicar para cubrir las necesidades hídricas totales de la quinoa exceden en la mayoría de las zonas los 3.000 m³/ha (Tabla 3). En este sentido, en la estructura de costes que se muestra en la Tabla 3 se han diferenciado una serie de inputs y partidas de costes para cada zona, y al objeto de poder observar su efecto sobre la rentabilidad y la productividad. Además de los rendimientos, se han tenido en cuenta los diferentes precios del agua y necesidades hídricas, los costes de empleabilidad, el canon de arrendamiento rústico y las ayudas de la Unión Europea de Derechos de Pago Básico. Se observa cómo los rendimientos son similares en todas las zonas, excepto en Cuenca y Lérida que son más bajos, aunque similares entre sí. El factor que más influye sobre los costes de producción es el agua, si bien es cierto, que hay diferencias entre zonas en las partidas de costes de la mano de obra o el uso de la maquinaria, estas no son significativas. Los costes variables son muy parecidos con la excepción del caso de Murcia-costa, donde el mayor coste del agua de riego los incrementa de manera significativa, pese a que no es la zona donde la quinoa presenta mayores necesidades hídricas. El coste del riego en dicha zona se situaría un 62 % superior al coste que presenta la zona de León, que es la segunda zona con el coste del riego más elevado, un 84 % superior a Lérida que es la que menor coste de riego presenta y un 72,4 % por encima de la media de las demás zonas. Dicho coste supone un 29,7 % de los costes totales de producción en la zona de Murcia-costa, frente al 7,4-16,2 % que supone en las demás zonas. Esto repercute en los costes totales de la

costa de Murcia, que se situarían entre un 22,9 % y un 36,3 % superiores dependiendo de la zona con la que se compare. Las zonas de Sevilla, Málaga, Cuenca y Huesca presentan un coste de riego del mismo orden de magnitud entre sí. A pesar de que en estas zonas los volúmenes de agua a aplicar son diferentes, los costes del riego son muy similares ya que la tarifa del agua en cada zona termina por compensar dichas diferencias. Las diferencias en los costes indirectos se deben a la diferencia en la renta de la tierra de regadío en cada zona.

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 3, se ha calculado una serie de indicadores económicos de productividad y rentabilidad en las diferentes zonas analizadas, que permite conocer no solo qué rentabilidad puede alcanzar el cultivo, sino también los impactos que sobre esta generan los factores de producción (Figuras 2 y 3). La rentabilidad se ha medido en términos de margen neto y beneficio con y sin el apoyo de las ayudas de Derechos de Pago Básico (DPB). La Figura 2 muestra cómo la productividad por hectárea del cultivo presenta ligeras diferencias, aunque es similar en todas las zonas, excepto en Cuenca y Lérida, en consonancia con sus menores rendimientos. Si bien es cierto, que León es la zona que mayor productividad por hectárea cultivada presenta con unos 4.263 €/ha.

En cuanto a la rentabilidad medida en términos de margen neto, las zonas con mayor productividad muestran también mayores niveles de rentabilidad y muy similares entre sí, acercándose a los 2.000 €/ha, e incluso superándolos ligeramente en las zonas de Sevilla y Málaga. Cuenca y Lérida presentan menores niveles de rentabilidad, aunque situándose estos, en torno a los 1.000 €/ha. El cultivo en Cuenca es menos rentable debido en parte a unos mayores costes del agua, derivados de unos precios mayores y unas necesidades hídricas más elevadas. El beneficio sigue la misma tendencia que el margen neto,

Tabla 3. Estructura de costes de producción de un ciclo de cultivo de quinoa bajo la alternativa con sistema de riego por aspersión y subcontratación de las labores en diferentes zonas de España.
 Table 3. Cost structure for a quinoa crop cycle assuming sprinkler irrigation and subcontracting of operations in different areas of Spain.

	Sevilla	Málaga	Cuenca	León	Huesca	Lérida	Murcia-costa
Rendimiento (kg/ha)	3.657	3.917	2.925	3.950	3.500	2.616	3.657
Total costes variables (€/ha)	2.001,27	1.973,88	2.053,70	2.148,32	2.032,67	1.872,11	2.820,90
Coste materias primas (€/kg)				769,68			
Coste del riego (€/ha)	314,42	318,32	347,26	433,00	294,52	182,28	1.141,89
Coste uso maquinaria (€/ha)	818,65	799,48	830,32	838,00	857,23	819,35	818,73
Coste mano de obra (€/ha)	98,52	86,40	106,44	107,64	111,24	100,80	90,60
Costes fijos (€/ha)	960,34	667,12	686,23	521,43	515,63	575,33	1.021,73
Costes indirectos pagados (€/ha)				21,00			
Amortizaciones (€/ha)				115,33			
Otros Costes indirectos no pagados (€/ha)	824,01	530,79	549,90	385,10	379,30	439,00	885,40
Costes totales de producción (€/ha)	2.961,62	2.641,00	2.739,93	2.669,76	2.548,31	2.447,44	3.842,63
Coste medio producción (€/kg)	0,81	0,67	0,94	0,68	0,73	0,94	1,05
Precio medio de venta (€/kg)				1,01			
Derecho de pago básico (€/ha)	507,08	265,04	173,92	273,57	255,17	321,62	222,21
Cantidad total de agua aplicada (m ³ /ha)	3.320,48	3.636,31	5.111,74	4.626,42	4.524,17	2.480,80	4.043,14
Precio del agua (€/m ³) o (€/ha)	0,05948912	194,68 ⁽¹⁾	0,03758403	0,06230062	0,03358269	0,03358269	0,249699

Fuente: Elaboración propia a partir de la información generada en la caracterización técnico-económica del cultivo y Martínez-Bas-tida (2020); CARM (2015); CHG (2015); CHGuadiana (2015); CHD (2015); CHE (2015); CHS (2015); FAOSTAT (2021); Generalitat de Ca-talunya (2016, 2017 y 2021); Gobierno de Aragón (2019); Junta de Andalucía (2015, 2016, 2017, 2018 y 2019); Junta de Castilla y León (2019); MAPA (2019, 2020a,b,c y 2021). ⁽¹⁾ La tarifa del agua en Málaga viene expresada en €/ha y corresponde con la del Valle del Guadalhorce (Junta de Andalucía, 2011; MAPA, 2003). El resto de las tarifas vienen expresadas en €/m³.

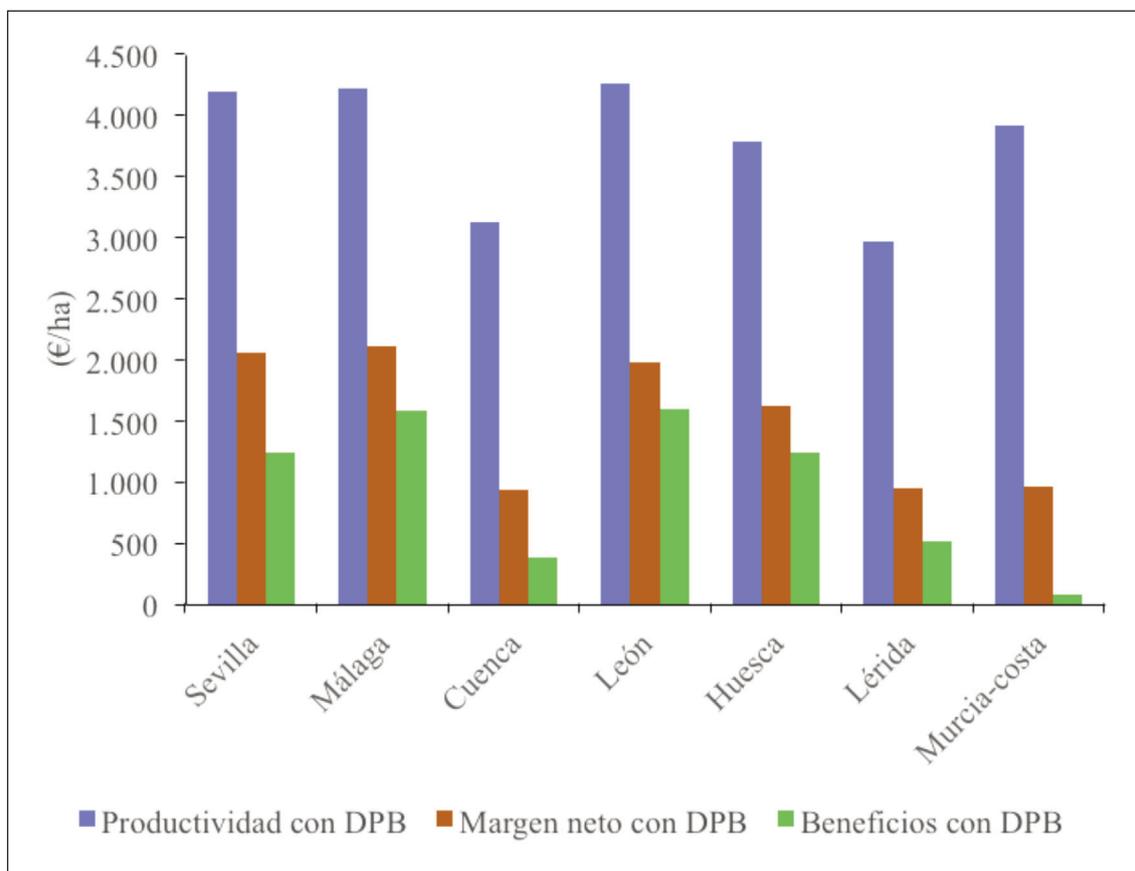


Figura 2. Productividad y rentabilidad de un ciclo de cultivo de quinoa incluyendo el Pago Básico medio de la PAC para diferentes zonas de cultivo en España. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de la estructura de costes (Tabla 3).

Figure 2. Land productivity and profitability of a quinoa crop cycle including the CAP average Basic Payment for different cultivation areas in Spain. Source: Own elaboration based on the results of the cost structure (Table 3).

aunque en Sevilla se reduce con respecto a las otras zonas que presentan un margen neto similar. Esto se debe exclusivamente al mayor canon de arrendamiento de tierras de regadío en esta zona, que es más del doble que por ejemplo en León y Huesca. Llama especialmente la atención el caso de Murcia-costa, que, habiendo asumido una productividad similar a Sevilla, Málaga, León y Huesca, y superior a Cuenca y Lérida, se obtendría un

margen neto aproximadamente de entre un 40,9-54,6 % menor que en Sevilla, Málaga, León y Huesca y muy similar al de las zonas de Cuenca y Lérida. Como ya se ha comentado, esto se debe al mayor coste de riego, ya que el precio del agua es el más alto, siendo de media aproximadamente un 82 % superior al resto de zonas. Finalmente, los mayores costes indirectos no pagados, resultan en un beneficio que apenas supondría 73 €/ha.

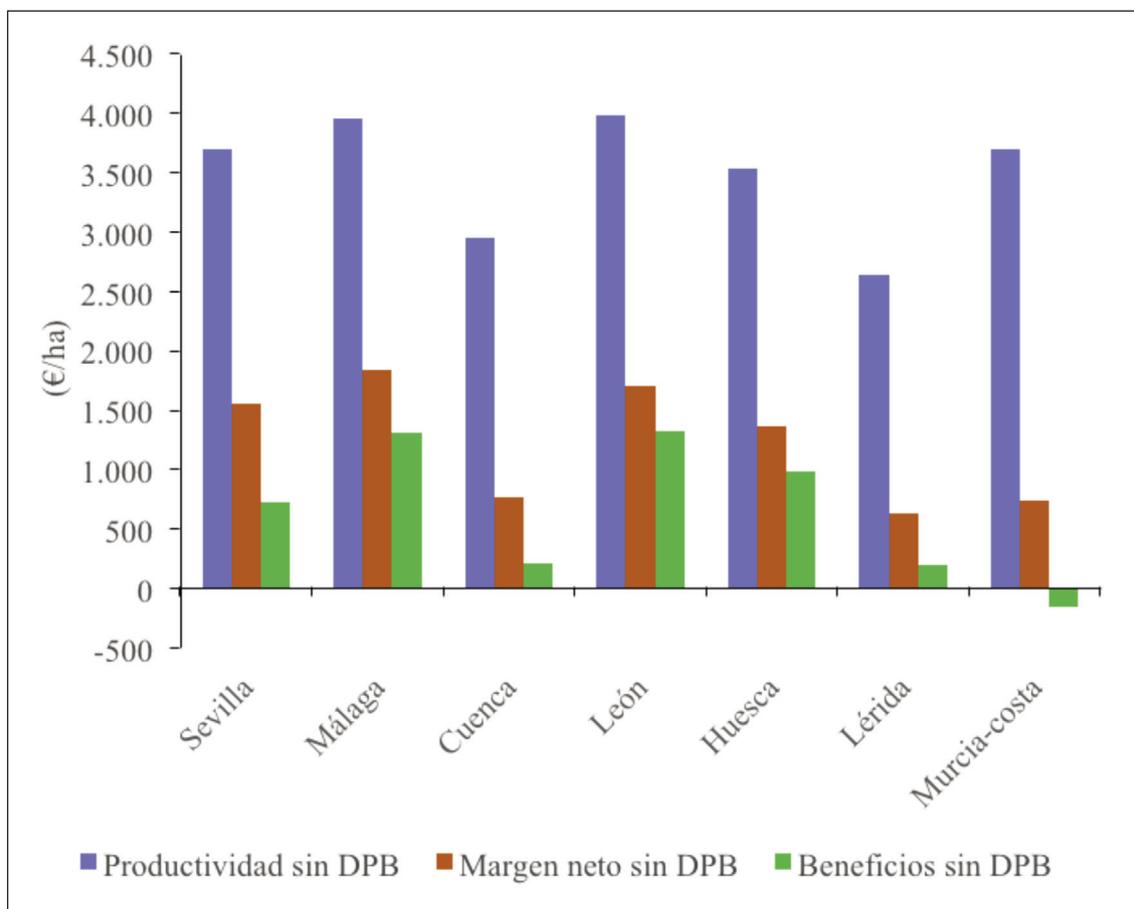


Figura 3. Productividad y rentabilidad de un ciclo de cultivo de quinoa sin el Pago Básico medio de la PAC para diferentes zonas de cultivo en España. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las estructuras de costes (Tabla 3).

Figure 3. Land productivity and profitability of a quinoa crop cycle without the CAP average Basic Payment for different growing areas in Spain. Source: Own elaboration based on the results of the cost structures (Table 3).

La Figura 3 muestra los mismos indicadores que la Figura 2 pero sin el apoyo del DPB. Si se comparan ambas figuras, se observa un comportamiento de los indicadores que guarda cierta similitud. Así pues, las zonas con mayor productividad del factor tierra son las mismas, sin embargo, Sevilla que mostraba productividades muy similares a Málaga y León, ahora presenta una productividad en torno a

unos 300 €/ha menor, debido básicamente a que el DPB en Sevilla supone aproximadamente el doble que en dichas zonas.

Igualmente, al comparar el margen neto se observa que las zonas de Sevilla, Málaga, León y Huesca vuelven a presentar los mayores niveles, y similares entre sí. Hay que resaltar que, al igual que ocurre con la productividad, sin el apoyo de las ayudas de la UE,

Sevilla presenta una rentabilidad que se sitúa por debajo de la de las zonas de Málaga y León. El mayor beneficio sin DPB se obtiene en Málaga y León, seguidos de Huesca con valores en torno a los 1.000 €/ha. La quinoa en la zona de Murcia-costa, sin el apoyo del DPB presentaría menores niveles de margen neto, similar al de Cuenca y un poco por encima de los obtenidos en la zona de Lérida, sin embargo, el beneficio sería negativo. En general la quinoa es un cultivo que, con el índice de precios de venta estimado y los rendimientos medios de cada zona, puede generar un beneficio que, aún sin el apoyo de los DPB puede ser elevado, situándose cercano o por encima de los 1.000 €/ha en varias de las zonas analizadas.

Si tenemos en cuenta la variabilidad de los precios medios al productor durante el período 2009-2019 (Figura 1), se deduce que el coste medio de producción obtenido (Tabla 3) es superior al precio mínimo en términos reales del período considerado (0,843 €/kg en 2017) en los casos de Sevilla, Málaga, León y Huesca, lo que indica un riesgo ligado al precio de venta muy reducido. En el caso de Cuenca y Lérida, con menores rendimientos medios y un mayor coste medio de producción, el precio de venta es inferior al coste de producción en dos de los diez años del período considerado. En el caso de Murcia, el coste medio de producción supera al precio en cinco de los diez años considerados.

Conclusiones

La creciente demanda mundial de quinoa ha contribuido a que su cultivo se expanda fuera de las tradicionales zonas productoras, suponiendo una oportunidad de negocio y suscitando el interés de productores de otros países. En España, el cultivo se inicia en Andalucía en la pasada década, introduciéndose posteriormente en otras zonas de interior del país.

Frente a la ausencia de trabajos que lo caractericen desde el punto de vista técnico y económico y/o que analicen su rentabilidad, este trabajo realiza un análisis de los costes de producción y una evaluación de la rentabilidad del cultivo en regadío en diferentes zonas de España, partiendo de una detallada caracterización técnico-económica para un ciclo de cultivo estándar de quinoa, y prestando especial atención al papel que el coste de los recursos hídricos puede jugar sobre la misma.

Un primer resultado de relevancia de este trabajo es constatar, en base a la caracterización técnico-económica realizada, que los itinerarios técnicos y labores de cultivo de la quinoa son similares a las de otros cultivos extensivos de regadío con amplia presencia en nuestro país (De Juan Valero *et al.*, 2003). Se trata por tanto de un cultivo con labores y tratamientos que son familiares para los agricultores de muchas zonas de España, lo que indudablemente juega a favor de su potencial difusión.

En segundo lugar, de las alternativas analizadas, la que subcontrata las labores y dispone de un sistema de riego por aspersión, presenta los menores costes de producción y mayor rentabilidad que las demás. Los menores costes en las partidas de mano de obra y de seguros y amortización de la maquinaria, compensan los mayores costes del riego y costes de las labores realizadas por otras empresas. Este resultado es consistente con las prácticas habituales en el cultivo de la quinoa en Andalucía, donde se sitúan las principales zonas productoras del país.

En cuanto al análisis por zonas, los resultados muestran cómo las diferencias en los costes de producción entre las zonas analizadas por la influencia de diferentes partidas económicas se deben principalmente al coste del agua de riego y a la renta de la tierra de regadío, lo que se percibe notoriamente en la costa de Murcia, donde la tarifa media del agua es muy alta. Por su parte, los indicadores de productividad y rentabilidad por hec-

tárea, tanto con el apoyo o no de los DPB, muestran diferencias entre zonas, siendo superiores en Sevilla, Málaga, León y Huesca, zonas con mayores rendimientos y costes de riego relativamente bajos, en las que además el riesgo derivado de la variabilidad del precio de venta es muy reducido. Por el contrario, en el caso de Murcia-costa, el elevado precio medio del agua de riego hace esperable una escasa rentabilidad para el cultivo de la quinoa, además de un notable nivel de riesgo de precios, rentabilidad que es insuficiente como para despertar el interés de los agricultores.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto como el cultivo de quinoa puede suponer una oportunidad en muchas zonas regables de España debido a la tendencia creciente de su demanda a nivel mundial, pudiendo representar una alternativa más rentable a otros cultivos extensivos con escasa rentabilidad en los últimos años en las zonas analizadas, caso del maíz, la cebada, el trigo blando y el trigo duro (ECREA, varios años), siempre que el coste de factores de producción como el agua no condicionen su rentabilidad. Además, la similitud de las labores con las de otros cultivos extensivos, ya comentada, así como sus reducidas necesidades de mano de obra, lo colocan como un cultivo con cierto potencial de expansión.

Frente a sus bondades, si bien es cierto que ser un cultivo muy mecanizado le confiere mayor rentabilidad, esto también puede generar impactos negativos sobre el empleo agrario directo si llega a sustituir a cultivos con mayores necesidades de mano de obra. Por otro lado, la quinoa requiere de la existencia de empresas transformadoras que realicen la selección y transformación del cultivo para su posterior venta. De hecho, la expansión del cultivo en zonas de las provincias de Sevilla y Málaga se ha visto fuertemente favorecida por el trabajo de empresas concretas que proporcionan asistencia técnica y servicios externos a los agricultores y realizan la transformación y comercialización del pro-

ducto. La no existencia de este tipo de empresas en otras zonas del país es posiblemente uno de los principales escollos que pueden frenar una mayor implantación del cultivo a nivel nacional en el futuro.

Finalmente, comentar que la principal dificultad de este trabajo, que marca sus limitaciones, es la escasez de estadísticas agrarias oficiales. En un contexto en el que no existe información ni siquiera de precios de venta percibidos por los agricultores y en el que las estadísticas de rendimientos son escasas, ha sido necesario combinar el uso de información primaria obtenida de entrevistas a técnicos del sector, la consulta de literatura, estadísticas oficiales y estimaciones de precios de venta a partir de datos para otros mercados.

Agradecimientos

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la financiación proporcionada por la Consejería de Desarrollo Económico, Turismo y Empleo de la Región de Murcia a través del proyecto ECOQUINOA (2118SAE00057), Convocatoria 2018 de proyectos estratégicos RIS3MUR, Estrategias Nacionales y Regionales para la Especialización Inteligente en Investigación e Innovación (*Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation*).

Referencias bibliográficas

Aracena GE, Tolaba MV (2018). Determinación del costo de producción y rentabilidad de quinoa bajo un sistema semi-mecanizado en la Quebrada de Humahuaca, Jujuy. En: Producción Institucional: Proyecto regional "Fortalecimiento de los procesos de desarrollo territorial de la Quebrada de Humahuaca y los valles de altura de Salta y Jujuy" (Ed. Echazú F, Bilbao LN), pp. 40-54. Ediciones INTA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina.

- Ballesteros E (2000). Economía de la empresa agraria y alimentaria 2ª Edición. Mundi-Prensa, Madrid, España. 416 pp.
- Martínez-Bastida R (2020). Adaptabilidad y caracterización técnico-económica del cultivo de quinua en la comarca del Campo de Cartagena. Trabajo fin de máster. Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Cartagena, Murcia. 72 pp.
- Calderón Vásquez MJ (2014). Sistema de gestión de costos de producción de la quinua para la Asociación de Productores Agropecuarios de Pimampiro (APAP). Tesis doctoral. Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. 74 pp.
- Calvo García S, Tabasco Pérez A, Del Monte Maíz M, Lucini Baquero C (2014). Viabilidad del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en Castilla y León. Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), 24-27 de noviembre, Madrid, España. 29 pp.
- CARM (2015 y 2019). Estadística Agraria Regional. C.A. Región de Murcia, Murcia, España.
- Carrasco J, Riquelme J, Ruf K (2015) Preparación de suelos para el establecimiento de quinua. Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias n° 362, Chile.
- CHD (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Duero 2015-2021. Confederación Hidrográfica del Duero, Valladolid.
- CHE (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Ebro 2015-2021. Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza.
- CHG (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrológica del Guadalquivir 2015-2021. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Sevilla.
- CHGüadiana (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana 2015-2021. Confederación Hidrográfica del Guadiana, Badajoz.
- CHS (2015). Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Segura 2015-2021. Confederación Hidrográfica del Segura, Murcia.
- De Juan Valero JA, Ortega Álvarez JF, Tarjuelo Martín-Benito JM (2003). Sistemas de cultivo. Evaluación de itinerarios técnicos. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. 835 pp.
- ECREA (2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016). Estudio de costes y renta de las explotaciones agrarias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España.
- EUROSTAT (2020). Electricity prices components for non-household consumers. Oficina Estadística de la Unión Europea, Comisión Europea, Bruselas.
- FAO (2001a). Análisis de la evapotranspiración de referencia en el Altiplano boliviano y determinación de los requerimientos de riego de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). ONU para la agricultura y la alimentación, Santiago de Chile, Chile. 13 pp.
- FAO (2001b). Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Eds. Mujica A, Jacobsen S-E, Izquierdo J, Marathe J, FAO, UNA-Puno, CIP. ONU para la agricultura y la alimentación, Santiago de Chile, Chile. 456 pp.
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. ONU para la agricultura y la alimentación, Roma, Italia. 298 pp.
- FAO-ALADI (2014). Tendencias y perspectivas del comercio internacional de quinua. ONU para la agricultura y la alimentación, Santiago de Chile, Chile. 56 pp.
- FAO Y CIRAD (2015). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013 (Editores Bazile D, Bertero D y Nieto C. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. 724 pp.
- FAO (2016a). Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Ed. Universidad Nacional de La Molina, Lima, Perú. 123 pp.
- FAO (2016b). Quinua manejo integrado de plagas. Estrategias en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, Santiago de Chile, Chile, 189 pp.
- FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#home> (Consultado: 24 de marzo 2022).

- Flores Martínez JV, Alanya Y, Chilquillo M, Chávez V (2010). Tecnología productiva de la quinua. Programa modular para el manejo técnico del cultivo de quinua. Organización Privada de Desarrollo (Solid OPD), Lima, Perú. 74 pp.
- Galwey NW (1992). The potential of quinoa as a multipurpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products* 1: 101-106. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(92\)90006-H](https://doi.org/10.1016/0926-6690(92)90006-H).
- García Villanueva J, Huahuachampi J, Soto L (2017). Determinación de la demanda hídrica del cultivo de quinua QML01 (*Chenopodium quinoa* Willd) en la Molina. *Anales Científicos* 78(2): 200-209. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1057>.
- Generalitat de Catalunya (2016, 2017, 2018, 2019 y 2020). Superficies, rendimientos y producciones de los cultivos agrícolas por demarcaciones. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Barcelona, España.
- Generalitat de Catalunya (2021). Ruralcat. Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca i Alimentació, Barcelona. Disponible en: <https://ruralcat.gencat.cat/> (Consultado: 24 de marzo de 2022).
- Gobierno de Aragón (2016, 2017 y 2018). Superficie y producciones agrarias de Aragón. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Zaragoza, España.
- Gobierno de Aragón (2019). Estadísticas agrícolas. Departamento de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, Zaragoza. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/estadisticas-agrarias> (Consultado: 24 de marzo 2022).
- Jacobsen SE, Stølen O (1993). Quinoa-Morphology and phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *European Journal of Agronomy* 2: 19-29. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80148-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80148-2).
- Jacobsen SE (1997). Adaptation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) to Northern European agriculture: Studies on developmental pattern. *Euphytica* 96: 41-48. <https://doi.org/10.1023/A:1002992718009>.
- Jacobsen SE (2017). The scope for adaptation of quinoa in Northern Latitudes of Europe. *Journal of Agronomy and Crop Science* 203(6): 603-613. <https://doi.org/10.1111/jac.12228>.
- Junta de Andalucía (2011). Estudio económico de la tarifa de utilización de agua del sistema de Guadalhorce 2011. Agencia Andaluza del Agua, Sevilla, España.
- Junta de Andalucía (2015, 2016, 2017, 2018 y 2019). Anuarios de estadísticas agrarias pesqueras. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Sevilla, España.
- Junta de Castilla y León (2017 y 2018). Anuario de estadística agraria de Castilla y León. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Valladolid, España.
- Junta de Castilla y León (2019). Servicio de Estudios, Estadística y Planificación Agraria. Consejería de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Valladolid, España.
- Macià i Rodríguez A (2018). Estudi agronòmic de l'adaptació del cultiu de quinua als regadius de Lleida. Trabajo fin de grado. Universidad de Lérida, Lleida, España. 93 pp.
- MAPA (2003). Evaluación de la zona regable del Valle del Guadalhorce (Málaga). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. 59 pp.
- MAPA (2019). Proceso de asignación de los derechos de pago básico. Fondo Español de Garantía Agraria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid, España. Disponible en: <https://www.fega.es/es/ayudas-directas-y-desarrollo-rural/ayudas-directas-y-pago-basico/datos-campana-pago-basico> (Consultado: 24 de marzo de 2022).
- MAPA (2020a). Superficie y producciones anuales de cultivos, Madrid, España. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/superficies-producciones-anuales-cultivos/> (Consultado: 24 de marzo de 2022).
- MAPA (2020b). Encuesta de Cánones de Arrendamiento Rústico 2019 (Base 2016). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 24.
- MAPA (2020c). Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero. Observatorio de tecnologías probadas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/> (Consultado: 24 de marzo de 2022).

- MAPA (2021). Sistema de Información Agroclimática para el Regadío (SiAR). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. Disponible en: <https://portal.mapa.gob.es/websiar/Inicio.aspx> (Consultado: 24 de marzo 2022).
- Peralta IE, Mazón N, Murillo IA, Rodríguez Ortega D (2014). Manual Agrícola de granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. (Publicación Miscelánea no. 69). Quito, Ecuador.
- Porras Jorge ZR (2015). Evaluación del sistema de riego por goteo y exudación en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* willd) en el INIA-LA MOLINA. Tesis doctoral. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 113 pp.
- Regaño J, Valencia J (2018). Costos de producción de la quinua orgánica-caso cooperativo de productores de granos andinos orgánicos-Huanoquite-Paruro-periodo 2016. Tesis doctoral. Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. 120 pp.
- Rodríguez Calle JP (2005). El papel del tamaño de semilla de quinua (*Chenopodium quinoa* willd.) en el crecimiento desarrollo de las plantas frente a diferentes profundidades de siembra. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. 130 pp.
- Segura P, García A, Costantini B (2006). Estudio técnico-económico de los procesos de producción agrícola y de transformación (manipulación y confección) de las principales orientaciones hortofrutícolas de la Región de Murcia. Asociación Murciana de Organizaciones de Productores Agrarios (AMOPA), Murcia, España. 591 pp.
- Seguridad Social (2021). Régimen General de la Seguridad Social, Bases y tipos de Cotización. Ministerio de Inclusión, Seguridad Social y Migraciones, Madrid, España. <https://www.seg-social.es/wps/portal/wss/internet/Trabajadores/CotizacionRecaudacionTrabajadores/36537> (Consultado: 24 de marzo de 2022).
- Soncco Mendoza LL (2017). Incidencia de los costos por procesos continuos en la producción y comercialización de quinua y su rentabilidad económica en la provincia de Melgar. Tesis doctoral. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. 171 pp.
- Suquilanda Valdivieso MB (editor) (2012). Producción orgánica de cultivos andinos (Manual técnico). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Quito, Ecuador. 192 pp.
- Vargas Huanca D, Boada M, Araca L, Vargas W, Vargas R (2015). Agrobiodiversidad y economía de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en comunidades Aymaras de la cuenca del Titicaca. IDESIA 33(4): 81-87. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292015000400011>.
- Vilca Zeda JM (2017). Determinación de los costos de producción de la quinua y su rentabilidad en el distrito de taraco en la campaña agrícola 2014-2015. Tesis doctoral. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú. 105 pp.
- Villacorta C (2019). Viabilidad económica de una pequeña industria de procesamiento de granos de 15 toneladas/año de la alternativa quinoa-cereal de 25 ha en Pastrana (Guadalajara). Trabajo fin de máster. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. 371 pp.
- Yucra Callata M (2017). Determinación de los costos de producción de la quinua y su rentabilidad en la Comunidad de Tuni Grande, del distrito de Taraco, campaña agrícola 2015-2016. Tesis doctoral. Universidad Nacional Del Altiplano, Puno, Perú. 120 pp.
- (Aceptado para publicación el 25 de marzo de 2022)