

Trabajo Fin de Grado

Estudio de eficiencia en el sector vitivinícola
aragonés.

Study on efficiency in the Aragonese wine sector

Autor/es

Aarón Salas Solana

Director/es

M.^a Dolores Esteban Álvarez

José M.^a Hernández García

Grado de Economía

Facultad de Economía y Empresa

2024-2025

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la eficiencia del sector vitivinícola aragonés. En primer lugar, se traza una panorámica sobre la situación nacional del sector. A continuación, se ha utilizado un modelo Translogarítmico de frontera estocástica para medir la eficiencia del sector basándose en la información extraída de la base de datos SABI. Esto nos ha proporcionado la información necesaria para trazar un mapa geográfico que ha permitido identificar ciertas características referentes a la eficiencia del sector dentro de la comunidad aragonesa. Además, se ha realizado un estudio econométrico para estudiar en qué medida influye a la eficiencia del sector variables geográficas o la pertenencia a una denominación de origen protegida (DOP). Los resultados obtenidos han permitido sugerir algunos patrones de cambio para obtener ganancias en términos de eficiencia.

Abstract

The aim of this paper is to study the efficiency of the Aragonese wine sector. First, an overview of the national situation of the sector is outlined. Then, a Translogarithmic stochastic frontier model has been used to measure the efficiency of the sector based on the information extracted from the SABI database. This has provided us with the necessary information to draw a geographical map that has allowed us to identify certain characteristics regarding the efficiency of the sector within the Aragonese community. In addition, an econometric study has been conducted to study to what extent geographical variables or membership of a protected designation of origin (PDO) influences the efficiency of the sector. The results obtained have allowed us to suggest some patterns of change to obtain efficiency gains.

Índice

Introducción	3
Contexto	4
Evolución de la situación nacional	4
El sector vitícola en Aragón	7
Tendencias de compra y consumo	9
Denominación de origen	10
Flujos de producción y sostenibilidad de las bodegas aragonesas.....	13
Eficiencia y Competitividad en Aragón.....	15
Marco Teórico	15
Concepto de Eficiencia	15
Métodos de medición de la eficiencia.....	16
Resultados	19
Selección de la forma funcional	19
Análisis Econométrico	28
Impacto de la localización en la eficiencia.....	28
Impacto de la Denominación de Origen sobre la eficiencia.....	30
Comparación de eficiencia entre las Denominaciones de Origen.....	32
Resultados	33
Conclusiones	35
Bibliografía	37

Índice de Tablas

Tabla 1. Estimación de la forma funcional.....	21
Tabla 2. Niveles de significatividad individual.....	21
Tabla 3. Cobb-Douglas versus Translog.....	22
Tabla 4. Estimación en medias.....	22
Tabla 5. Bodegas más eficientes.....	25
Tabla 6. Bodegas más ineficientes.....	25

1. INTRODUCCIÓN

El sector vitivinícola engloba todas las actividades relacionadas con la producción del vino, como los procesos de embotellado, fermentación y envejecimiento, así como la fabricación de otros productos derivados de la uva. El sector vitivinícola aragonés desempeña un papel fundamental tanto en la economía regional como en la perseverancia del patrimonio cultural. Denominaciones como Somontano, Calatayud, Cariñena y Campo de Borja consolidan a Aragón como una comunidad de prestigio en lo que al vino se refiere.

Este trabajo de fin de grado se propone analizar el grado de eficiencia de las empresas dedicadas a la fabricación del vino en la comunidad autónoma de Aragón, España. En concreto, se estudian diversos factores que pueden determinar el comportamiento de la eficiencia en dicho sector, discutiendo propuestas que pueden mejorar los niveles de eficiencia en la fabricación del vino aragonés. Dentro de Aragón estudiaremos como afecta a la variable de estudio la ubicación geográfica de la bodega o la pertenencia a una denominación de origen protegida. Los datos requeridos para realizar este estudio se obtienen a través de la base de datos SABI.

El trabajo se divide en cuatro partes. En primer lugar, analizaremos el contexto nacional del vino, presentando sus datos económicos más relevantes, funcionamiento del sector, así como la atípica distribución geográfica del mismo. Además se hace referencia a los patrones de compra del vino en un ámbito autonómico, donde afectan factores como la variedad, y se concluye con una breve introducción al término de denominación de origen, introduciendo los datos y características más relevantes de las denominaciones de origen aragonés, como son Calatayud, Somontano, Cariñena y Campo de Borja. Por último, se realiza un estudio acerca de la sostenibilidad del sector con posibles soluciones de mejora para implementar en este que logren mejorar su eficiencia energética.

En la segunda parte del trabajo se explican los conceptos teóricos de eficiencia, y se introducen distintos enfoques empleados en su medición justificando la elección de un enfoque paramétrico basado en la estimación de funciones de producción estocásticas.

La tercera parte del trabajo presenta los resultados de las estimaciones de eficiencia, proporcionando un mapa de eficiencia de la industria vitivinícola aragonesa, con especial atención en las denominaciones de origen.

Por último, se realiza un análisis econométrico con el propósito de investigar si la ubicación geográfica de las bodegas o la pertenencia de estas a una DOP, tienen efectos significativos en la eficiencia de las bodegas aragonesas. El trabajo concluye con un resumen de los principales resultados del trabajo y sus conclusiones.

El motivo por el que he decidido realizar este estudio sobre el sector vitivinícola aragonés es, principalmente, porque soy originario del Somontano de Barbastro, una región con una gran tradición en la producción del vino y que alberga una de las denominaciones con mayor renombre de la comunidad. Este vínculo personal me ha permitido tener un contacto directo con el mundo del vino, desarrollando un interés genuino por la viticultura y comprendiendo la importancia del sector para la economía local, empleo y perseveración de la cultura y paisaje de nuestra tierra.

2. CONTEXTO

2.1 Evolución de la situación nacional

El sector vitivinícola tiene raíces profundas en España, siendo este uno de los países productores de vino más antiguo del mundo. Las zonas productoras históricas, como La Rioja, Castilla-La Mancha y, en particular y como objeto de estudio, Aragón; han pasado por varios ciclos de auge y decadencia a lo largo del tiempo. En la segunda mitad del siglo XX, el sector nota un considerable auge gracias a la implementación de las denominaciones de origen (DO), una medida que ayuda a regular y promover la calidad de los vinos nacionales, y a establecer una identidad de los vinos regionales. En Aragón se establecieron denominaciones como Cariñena, Somontano, Calatayud y Campo de Borja.

Durante este tiempo se implementaron ciertas medidas de protección en la Comunidad Económica Europea (CEE) coincidiendo con la reciente entrada de España en esta comunidad en 1986, controlando la oferta del vino y reduciendo los excedentes en un contexto de sobreproducción provocado por la Política Agrícola Común (PAC). Algunas de estas medidas fueron el arranque de viñedos, incentivos para mejorar la calidad, promoción de exportaciones, fomento del almacenamiento privado y destilación de la crisis entre otras.

De manera independiente a estas reformas, el consumo interno de España comenzó a descender en las últimas décadas del siglo XX, provocado principalmente por la gran

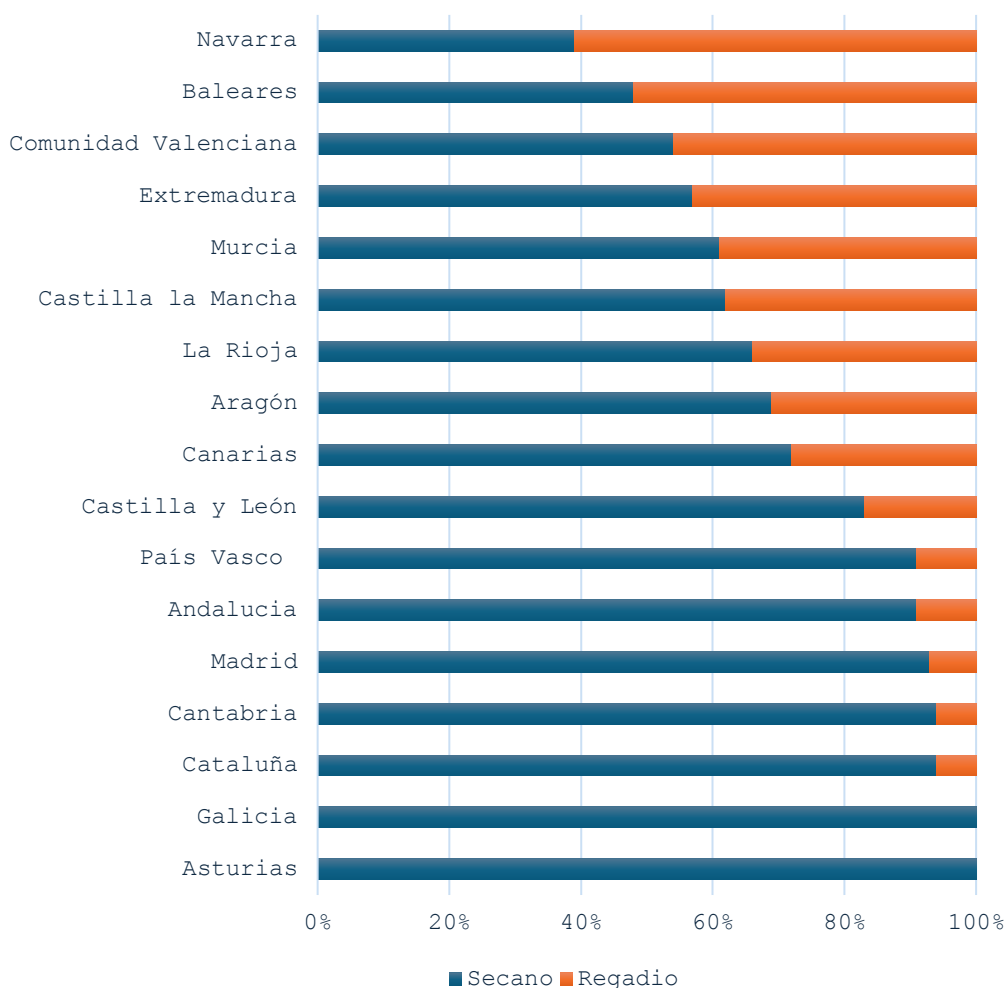
migración hacia las ciudades, un incremento en el precio de los vinos de alta calidad y la diversificación de las bebidas alcohólicas. Todo ello llevó a los productores de la vid a emprender una búsqueda de nuevos métodos y tácticas de marketing más sofisticadas para atraer a nuevos consumidores y aumentar el rango de su público objetivo. En Aragón estas medidas no solo incentivaron el desarrollo de nuevas bodegas innovadoras, sino que también se fomentó el enoturismo como una forma de revitalizar las economías rurales. Con el paso del tiempo, y a medida que el siglo XXI avanza, el sector vinícola español comienza a lograr y superar los retos de sobreproducción, y con ello mejorar su posición en el mercado global. Pero en este momento de auge, surgen nuevos mercados emergentes y de gran potencial en países como Chile, Australia o Argentina que vuelven a poner en una encrucijada al sector español.

El gran potencial de España, y en particular de Aragón, se ha basado en reforzar su identidad a través de la valorización de variedades autóctonas como la Garnacha o Tempranillo, además de la implementación de prácticas sostenibles junto con la consolidación de grandes marcas dentro de las denominaciones de origen. Estas medidas y esfuerzos, junto con la ayuda de las instituciones públicas, garantizan un escenario consolidado y con grandes expectativas de crecimiento, asentando el vino como una piedra angular de la cultura, turismo y economía de España.

Basándonos en un estudio realizado por la Organización Interprofesional del Vino en España (OIVE), obtenemos los siguientes datos acerca de la situación del sector. La superficie de vid plantada en territorio nacional ocupa aproximadamente 93.000 hectáreas, lo que supone cerca de un 13% de los 7,3 millones de hectáreas existentes a nivel mundial, un porcentaje considerable que sitúa a España como uno de los países más potentes en lo que a producción del vino se refiere. Hay que recalcar que todas las comunidades autónomas españolas albergan, en mayor o menor medida, viñedos. En términos de producción nacional destacan Castilla-La Mancha, La Rioja o Cataluña principalmente. Castilla-La Mancha destaca siendo el líder en términos de volumen de producción, ya que produce más de la mitad del vino español, siendo además líder en exportaciones, debido a su gran variedad de vinos de bajo coste. Junto a las denominaciones de origen aragonesas, las cuales destacan en ferias internacionales, hay otras denominaciones que destacan de igual forma dentro, y fuera de España, como son la Denominación de Origen Rioja o Denominación de Origen Ribera del Duero.

En lo que respecta a los cultivos, encontramos dos formas de trabajo predominantes, regadío y secano. El regadío consiste en el suministro de artificial de agua a los cultivos a través de sofisticados sistemas de riego, que ayudan a cubrir las necesidades hídricas. Por otro lado, el secano, es aquel método de cultivo en la que el ser humano no contribuye a la irrigación de los campos, si no que utiliza únicamente la que proviene de las lluvias. La mayoría de la superficie de viñedos en España son de secano, aunque las condiciones climáticas han incrementado las necesidades de apoyo hidráulico en todo el país.

Distribución de la superficie de viñedo por CCAA



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico, se observa una distribución porcentual de la superficie de viñedo por CCAA, distinguiendo entre estos dos métodos de cultivo. La importante dotación de superficie dedicada al cultivo de la vid, junto con la gran cantidad de municipios que

cuentan con explotaciones vinícolas se traduce en unos elevados niveles de producción. En 2022 se registraron 36,4 millones de hectolitros de vino producidos en España, un volumen que ha disminuido con el paso del tiempo, ya que ha caído un 2% interanual y se sitúa un 5% por debajo de la media de la producción anual registrada en los últimos cinco años.

2.2 El sector vitivinícola en Aragón

Actualmente, España es el tercer mayor productor de vino a nivel mundial, y la comunidad autónoma de Aragón juega un papel crítico para mantener ese puesto en el ranking. La región aragonesa destaca por su gran adaptación y modernización en las últimas décadas, especializándose hacia la exportación y aumentando significativamente la superficie dedicada a cultivos, aumentando así su valor añadido. Las variedades que más han aumentado en los últimos años son Garnacha y Tempranillo.

El sector vitivinícola en Aragón es un componente clave de la economía regional, contribuyendo con un 1,5% del PIB y generando más de 11.700 empleos, lo que incluye trabajos directos, indirectos e inducidos. Esta importancia económica se ve reflejada en un Valor Añadido Bruto (VAB) que supera los 350 millones de euros de los 11.000 millones que ejerce el sector nacional. Aragón, con 35.880 hectáreas de viñedos (el 3,8% del total nacional), se sitúa como la sexta comunidad con mayor superficie de cultivo ecológico, que comprende más de 2.191 hectáreas, destacando que el 55% de las plantaciones aragonesas se tratan de plantaciones de reducida dimensión¹.

Aragón siendo unas de las regiones de mayor importancia a nivel nacional no alcanza las cifras de otras regiones históricamente más consolidadas, como Castilla La Mancha, Cataluña o Rioja. Estas regiones destacan en valor, mayores niveles de producción, o producción de vinos Premium mientras que en Aragón en la especialización en la variedad Garnacha, la cual representa gran parte de su producción.

El sector desempeña un papel fundamental en la cohesión social, especialmente en el entorno rural el cual tiene un gran peso en la comunidad aragonesa. Cerca de la mitad de los municipios aragoneses poseen viñedos, lo cual ayuda a mantener la población y sirve

¹ Plantaciones de reducida dimensión: Son aquellas donde la superficie es menor o igual a media hectárea (<= 0,50 ha)

de sustento para el desarrollo local. Esta fijación demográfica es vital para contrarrestar el despoblamiento, un desafío común a nivel nacional en las zonas rurales españolas.

Aragón destaca actualmente en el mercado nacional por sus denominaciones de origen y un sector alcista como son las bodegas independientes. La producción aragonesa ha ganado bastante relevancia a nivel internacional, pero sigue contando con ciertos problemas que comparte con gran parte de la industria española, como son la poca competitividad en costes, la atomización de las bodegas, o las limitaciones en tecnología y marketing.

En los últimos años se ha podido observar un gran paso del sector hacia prácticas más sostenibles e innovadoras dentro de la producción vinícola. Esto incluye la implementación de tecnología avanzada como drones para monitorear la salud de la vid, sensores de optimización de riego o softwares de análisis de datos para prevenir y mitigar riesgos climáticos. Además, Aragón ha comenzado una transición hacia una viticultura más ecológica, incrementando el número de cultivos orgánicos.

Otra ventaja competitiva que posee el sector vitivinícola aragonés es el enoturismo. Además de ser una región que cuenta con grandes vinos reconocidos a nivel mundial, como el Sommos Colección Garnacha Blanca 2022 que obtuvo la medalla de oro en el último concurso mundial de Bruselas, es una región que ofrece grandes experiencias culturales y gastronómicas que atraen a miles de visitantes cada año. Esto se consigue gracias a las rutas del vino, las cuales cuentan con una gran organización incluyendo catas, visitas guiadas o packs que incluyen actividades culturales en municipios cercanos. Este modelo no solo diversifica los ingresos de este sector, sino que también fomenta la introducción de otras industrias locales como la restauración o el alojamiento rural, potenciando la economía regional.

2.3 Tendencias de compra y consumo

Aragón destaca por sus cuatro Denominaciones de Origen Protegidas (DOP): Calatayud, Campo de Borja, Cariñena y Somontano. Cada una de estas regiones contribuye con características únicas al paisaje vitivinícola. Por ejemplo, Cariñena es conocida por sus vinos tintos robustos, mientras que Somontano se ha consolidado por su innovación en enoturismo y variedades internacionales de uva.

Las exportaciones de vinos aragoneses han mostrado un dinamismo destacable, representando el 54% del volumen total producido y el 72% del valor económico. Los principales destinos incluyen el Reino Unido, Alemania, Estados Unidos y Canadá, lo que indica un posicionamiento competitivo en mercados internacionales. Las ventas nacionales han registrado variaciones, pero la demanda internacional ha compensado con un crecimiento constante, especialmente en regiones como Calatayud y Somontano.

Basándose en los datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, se puede observar cómo Aragón ha disminuido el consumo per cápita de vino a lo largo de los años, pero igualmente sigue siendo una pieza clave en la cultura y gastronomía aragonesa. El consumo per cápita de vino en Aragón ronda los 20-25 litros anuales, bastante por encima de la media nacional que se encuentra sobre los 17-18 litros, mostrando una preferencia clara por los vinos de gran calidad, especialmente en los vinos tintos.

Gran parte del crecimiento que se ha comentado anteriormente viene derivado de un notable incremento del comercio electrónico. Las bodegas locales han realizado tareas de inversión para promocionarse digitalmente, ampliando su alcance a nivel nacional e internacional. Según el informe sobre canales de venta de vino en España, publicado por el Observatorio Español del Mercado del Vino (OEMV), el canal de venta online ya representa más del 12% de las ventas totales de la región aragonesa, con un crecimiento anual cercano al 15%. Este aumento se debe a la facilidad de tramitar las compras online, junto con los hábitos de consumo impuestos por la pandemia. Además este método de compra les ofrece más información a las bodegas sobre las preferencias del consumidor, lo cual ha derivado en una mayor personalización en las oferta de vinos, junto con un mayor desarrollo de los programas de fidelización. En la siguiente tabla encontramos una tabla realizada por la OEMV, donde nos muestra los factores de desarrollo más determinantes para el sector del vino español, siendo un estudio realizado a partir del año 2021 con una muestra variada de 77 bodegas españolas.

	Todas	Pequeña	Mediana	Grande
Número de bodegas	77	39	30	8
Aumento del enoturismo	61%	59%	64%	59%
Desarrollo del canal de venta Online	59%	60%	51%	77%
Entrada de nuevos consumidores de vino más jóvenes	51%	46%	55%	68%
Nuevas formas de comunicarse con los consumidores de vino	50%	43%	55%	63%
Elaboración de vinos más suaves, fáciles de beber	48%	38%	65%	31%
Vinos ecológicos	47%	44%	42%	83%
Nuevos formatos de envases (BIB, latas...)	45%	23%	62%	87%
Mercados emergentes (Asia, África...)	35%	32%	36%	51%
Vinos blancos	30%	27%	32%	41%
Vinos rosados	15%	3%	23%	41%
Vinos espumosos	11%	11%	3%	37%

Fuente: Observatorio Español del Mercado del Vino (OEMV)

2.4 Denominación de Origen

Denominación de Origen es un sello de calidad que hace referencia a la indicación de procedencia de un producto, cuya calidad o características se deben principalmente a un medio geográfico, prestando especial atención a los factores naturales y humanos, y cuyas fases de producción tienen lugar en su totalidad en la zona geográfica definida.

Dentro de Aragón encontramos cinco denominaciones de origen, cuatro de estas protegidas y una específica. Campo de Borja, Somontano, Cariñena y Calatayud son las denominaciones de origen protegidas (DOP). Este distintivo implica un vínculo más riguroso entre el producto y su región, exigiendo que todos los pasos del proceso de producción tengan lugar en un área designada. Por otro lado, el Pago de Aylés se trataría de una denominación de origen específica (DO), la cual permite una mayor flexibilidad, requiriendo una conexión parcial con el entorno.

Vamos a explicar brevemente las características y datos más relevantes de dichas denominaciones de origen protegidas, donde se dará un contexto nacional e internacional.

En primer lugar, hablaremos de la DO Cariñena, se trata de una de las denominaciones de origen de mayor prestigio a nivel nacional, ubicada en la provincia de Zaragoza y reconocida oficialmente en 1932, convirtiéndola en una de las más antiguas y respetadas del territorio nacional. Esta denominación se extiende por aproximadamente 12.000 hectáreas de viñedos a una altitud que oscila entre los 400 y 800 metros, y destacan

principalmente la garnacha y mazuelo, esta última variedad autóctona de la zona. La DOP Cariñena forma parte de la Ruta del Vino de las Piedras, un recorrido que combina la vista a varias bodegas de la denominación de origen, junto con el patrimonio cultural y natural de la zona.

Seguiremos con el Somontano, se trata de una denominación de origen situada en la provincia de Huesca, en la región prepirenaica, y su nombre, Somontano, significa "a los pies de la montaña". Esta denominación de origen fue reconocida oficialmente en 1984 (aunque la tradición de la zona se remonta varios siglos atrás), abarca 43 municipios superando las 4400 hectáreas de viñedo, el cual se cultivó entre los 350 y 650 metros de altitud. Esta DOP destaca por sus vinos de alta calidad y su gran cantidad de bodegas jóvenes, combinando tradición con innovación. Las 4400 hectáreas de viñedo albergan 28 bodegas y 15 variedades de uva diferentes, pero principalmente destacan la Garnacha Tinta, Chardonnay y Gewürztraminer. Cuenta con una gran importancia en el sector del enoturismo aragonés, ya que cuentan con la Ruta del Vino del Somontano, que combina actividades culturales, visitas a bodegas, gastronomía y cultura del territorio. Además se celebra cada verano el Festival del Vino del Somontano, celebrado en la localidad de Barbastro, que en su última edición asistieron aproximadamente 40.000 personas.

En tercer lugar, Calatayud, ubicada también en la provincia de Zaragoza. Fundada en 1990, cuenta con 5600 hectáreas de viñedo aproximadamente posicionándola como la segunda denominación de origen protegida más grande de Aragón. Distribuidas en 40 bodegas, las cuales tienen como principal objetivo elaborar vinos de alta calidad, especializándose en vinos tintos. Su altitud oscila entre los 550 y 1040 metros sobre el nivel del mar. Dentro de la denominación de origen destacan principalmente la garnacha tinta, además de tempranillo o syrah, estas variedades han tenido un gran reconocimiento internacional especialmente en países como Estados Unidos, Reino Unido o Alemania, caracterizándose con una gran variedad de vinos relación calidad-precio con una mineralidad distintiva. En términos de enoturismo, la DOP Calatayud cuenta con la Fiesta del Vino, un evento que reúne a productores, críticos y amantes del vino en la localidad de Calatayud al finalizar la vendimia.

Y por último, la denominación de origen de menor tamaño ubicada al oeste de Zaragoza, Campo de Borja, popularmente conocida como "El Imperio de la Garnacha" abarcando aproximadamente 7400 hectáreas distribuidas en 16 municipios, adquiriendo la categoría de denominación de origen en 1980. Ubicada en una zona donde se combinan los climas

continental y mediterráneo, se produce el clima idóneo para la cultivación de la garnacha, la cual representa más del 60% del cultivo, contando con algunas de las plantaciones más antiguas del mundo. La denominación de origen cuenta con 16 bodegas registradas, y pese a su reducido tamaño, destaca por la gran calidad de sus vinos, además del enoturismo que está aumentando en los últimos años, con múltiples fiestas vinícolas.



En el mapa se presenta como se distribuyen las principales Denominaciones de Origen Protegidas de Aragón. En general, los suelos donde se establecen estas DOP son calizos, pedregosos y con buen drenaje, permitiendo que las raíces de la vid se desarrollen profundamente. Esta característica, junto con el clima continental, inviernos fríos y veranos cálidos, favorecen la producción de vinos de alta calidad permitiendo una maduración óptima de la vid.

2.5 Flujos de producción y sostenibilidad de las bodegas aragonesas

El sector vitivinícola aragonés supone un gran impacto económico en la región, siendo una de las partidas más importantes en generar PIB regional y empleo. Sin embargo, como toda actividad industrial, tiene importantes retos en términos de sostenibilidad, eficiencia en el uso de recursos y reducción de residuos. En este apartado se va a analizar los flujos de producción e inputs de las bodegas aragonesas, destacando las claves para alcanzar un sector más sostenible a largo plazo.

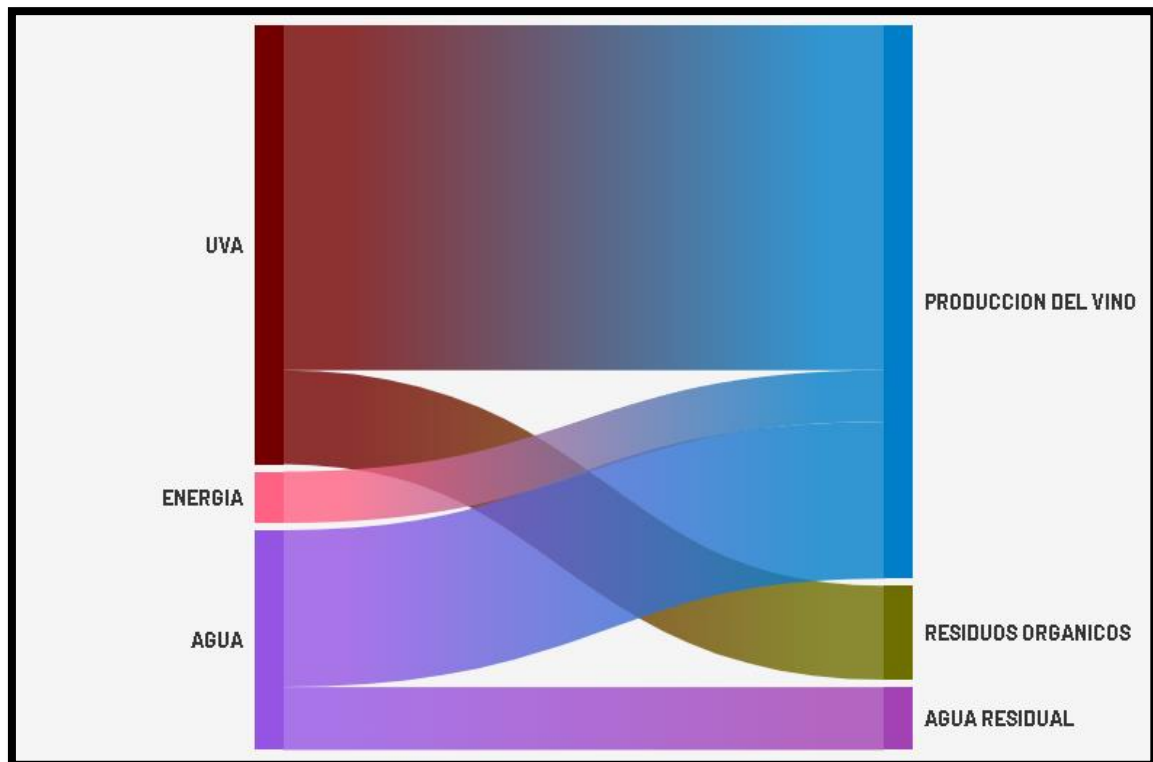
2.5.1 Análisis de los datos utilizados

Para realizar este estudio, se necesitan datos representativos de consumos de recursos y producción de la región, para ello se han utilizado datos proporcionados por diferentes instituciones y organizaciones como el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (MAPA) o el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Las bodegas aragonesas producen en un año natural 1,1 millones de hectolitros aproximadamente, lo que equivale a 44 piscinas olímpicas, esto tiene como resultado un significativo consumo de energía y agua, a la vez que se generan residuos orgánicos y líquidos.

Los datos de consumo de agua aproximan el uso de 500.000 litros anuales por bodega para la elaboración del vino, son datos estimados a nivel nacional por la Organización Internacional de la Viña y el Vino (OIV). Por otro lado, en términos de eficiencia energética, encontramos un consumo de 164.203 kWh anuales por bodega.

En lo referente a la materia prima y producción del vino, se obtienen datos que reflejan la magnitud del sector dentro de la comunidad con 1.500.000 kilogramos de uva recogida, que se transforman en 1.100.000 hectolitros del vino. Esta elaboración genera ciertos residuos, concretamente 300.000 kilogramos de residuos orgánicos y 200.000 litros de agua residual aproximadamente, por bodega. Cabe destacar que todos los datos son aproximaciones y generalizaciones, ya que es muy complejo cuantificar todos estos.

Para analizar estos datos se utiliza un Diagrama de Sankey, una herramienta gráfica que permite visualizar los flujos de materiales o energía en un sistema. Concretamente, en este caso, los nodos representan las principales entradas (agua, energía, uva), los productos finales (vino) y los residuos generados en el proceso de producción. El grosor de las conexiones se traduce en el volumen del recurso.



Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Flourish

El Diagrama de Sankey nos muestra comportamientos clave del sector vinícola aragonés. El nodo más destacado es la uva, la cual representa el recurso base, y mayoritariamente es destinada a la producción del vino, con un porcentaje significativo de residuos orgánicos. El agua es un recurso crítico, ya que se divide en dos flujos principales, gran parte de esta se utiliza para la elaboración del vino, pero un alto porcentaje se transforma en agua residual, una ineficiencia bastante notoria. Por último, sorprende el poco gasto energético para la producción del vino, esto se puede deber a que muchos de los procesos, como la fermentación, son naturales y no requieren de intervención externa. Además, las etapas de vinificación, como prensado, mezcla o crianza, suelen realizarse con maquinaria de bajo consumo. Esto hace que el proceso sea eficiente en términos energéticos.

2.5.2 Posibles áreas de mejora.

Hay ciertas soluciones que podrían ayudar a mejorar la sostenibilidad del sector, consiguiendo una mayor nivel de eficiencia en este. Por ejemplo, la implementación de una economía circular, donde se reutilicen los residuos para otras partes del proceso productivo, por ejemplo se plantea la posibilidad de reutilizar los residuos orgánicos como

compost para mejorar el suelo de los viñedos, mientras que los residuos líquidos se podrían implementar en suministros de riego.

Otro de los objetivos del sector es mejorar la gestión del agua mediante la digitalización de procesos o implementación de sistemas de tratamiento y reciclaje en las bodegas aragonesas, disminuyendo la dependencia de fuentes externas y por tanto, reduciendo costes.

Otra línea de trabajo hacia la sostenibilidad es la producción de subproductos, donde se lograra obtener nuevas líneas de productos a partir de los residuos generados por la producción del vino.

Estas son propuestas que mejorarían la sostenibilidad a largo plazo, y reducirían los consumos de recursos en las bodegas, pero cabe destacar que las bodegas han evolucionado significativamente en términos de sostenibilidad en los últimos años, reduciendo el impacto ambiental con el paso del tiempo. Por tanto, la tendencia nos indica que el sector está comprometido con el medio ambiente y tiene como objetivo preservar la tradición y el medio rural en el que se encuentra.

2.6 Eficiencia y Competitividad en Aragón

Uno de los principales desafíos a los que se enfrenta el sector vitivinícola aragonés es la heterogeneidad estructural del sector, la cual cuantifica las diferencias en términos de productividad de un determinado sector. Por un lado, existen pequeños productores, a nivel más bien artesanal, que se enfrentan a limitaciones en términos de capital, y por tanto tecnológicos. Mientras tanto, grandes bodegas operan con acceso a mercados internacionales contando con las últimas innovaciones tecnológicas. Esta disparidad remarca la importancia de analizar la eficiencia desde varias dimensiones, siendo un factor importante la escala empresarial, nivel de integración tecnológica y el grado de internacionalización de cada bodega.

Los análisis de eficiencia inciden directamente en la competitividad del sector objeto de estudio. Dentro de este sector, encontramos más desafíos, como la presión de los grandes mercados internacionales o la necesidad de adaptarse a las nuevas tendencias de consumo. En este contexto, entendemos la eficiencia como una herramienta para medir la capacidad del sector para hacer frente a dichos desafíos.

Posibles soluciones a los problemas planteados podrían ser las siguientes, creación de clústeres facilitando la colaboración de los productores y permitiendo economías de escala, gestionando de manera más eficiente los recursos. De igual manera, se podría intervenir a través de los organismos públicos, aplicando políticas que promuevan la inversión en nuevas tecnologías sostenibles o facilitar la accesibilidad a los mercados internacionales. Estas hipotéticas soluciones implicarías aumentos significativos en los niveles de eficiencia del sector.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Concepto de Eficiencia

El primer paso que debe seguir una empresa para su maximización de beneficios es organizar su producción de manera eficiente. Esto implica estructurar los procesos productivos de forma que se minimicen los costes de producción. Según el economista Farrell (1957), la eficiencia económica se descompone en dos componentes principalmente, la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

Para definir el concepto de eficiencia técnica, se destacan dos puntos de vista diferentes. En primer lugar, desde el punto de vista del output, se define eficiencia técnica como la capacidad que tiene una empresa para poder obtener, con la tecnología dada, el máximo output posible con una cantidad dada de inputs. Por otro lado, desde el punto de vista del input, se trata de obtener una cantidad de output dada, minimizando el input utilizado.

Siguiendo la definición de eficiencia, definimos el segundo componente de esta, la eficiencia asignativa, el componente económico. Esta eficiencia tiene como objetivo maximizar la producción utilizando la mejor combinación posible de factores al menor coste posible.

Por último encontramos la eficiencia económica que es la combinación de las dos anteriores, es decir, una empresa eficiente en términos económicos es aquella que utiliza sus recursos óptimamente en términos técnicos y asignativos. Esto implica un uso productivo y racional de los recursos que deriva en una maximización de la función de beneficio.

En este trabajo se va a estudiar la eficiencia técnica de las bodegas aragonesas, obteniéndola mediante una función de producción que relacionara el nivel de producción de cada empresa con la cantidad de factores de producción utilizados.

$$q = f(\text{trabajo}, \text{capital}, \text{materias primas})$$

Estos datos se obtienen a través de la base de datos SABI, como se expone más adelante. Para poder obtener esta función de producción, es necesario obtener los datos de las variables en términos monetarios. La combinación de factores productivos y capital de las empresas más eficientes se situarán en algún punto de la frontera de producción, por contrapartida, en las empresas más ineficientes dicha combinación se situará fuera de esta frontera de producción.

3.2 Medición de la eficiencia

Existen diversas perspectivas para medir la eficiencia, que englobándolas podemos distinguir dos grandes categorías, los métodos paramétricos y los no paramétricos, con estos dos métodos se podrá estimar la frontera de producción.

Los métodos paramétricos utilizan modelos econométricos para estimar la frontera de producción y determinar cuál es el máximo output alcanzable que se puede producir con un determinado número de inputs. Entre estos modelos econométricos se destaca el modelo Translogarítmico el cuál es de gran utilizad en el sector agrícola. Dentro de los métodos paramétricos encontramos dos enfoques diferentes, el enfoque determinístico y el enfoque estocástico.

En primer lugar se introduce el enfoque determinístico, este defiende que cualquier desviación de la frontera se atribuye a una falta de eficiencia por parte de la empresa, ignorando la posibilidad de que dicha ineficiencia pueda darse por factores fuera del alcance de esta o a errores de modelización.

La función de producción de cada unidad se puede definir con la siguiente expresión, donde el parámetro $u_i \geq 0$ es una perturbación aleatoria que mide la distancia de cada empresa respecto a la frontera, midiendo de tal forma su ineficiencia. De tal forma que todas las empresas se ubicaran por debajo de la frontera o sobre esta, pero nunca por encima.

$$q = f(x) - u_i$$

Dado que todas las desviaciones respecto a la frontera son justificadas por la ineficiencia técnica, los shocks pueden alterar considerablemente las estimaciones, pudiendo confundir imperfecciones con ineficiencia.

Siguiendo con los métodos paramétricos, el enfoque estocástico. Este método considera que las desviaciones de la frontera de producción no solo se atribuyen a una ineficiencia técnica en el uso de los factores productivos y capital, sino que también se debe a un componente aleatorio de error.

Aigner, Lovell y Smith (1977), junto a Meeusen y Van de Broeck (1977) fueron los primeros en proponer la función frontera estocástica de producción, que se diferencia del enfoque determinístico en la estructura del término del error. Esta estructura del término del error se descompone en dos componentes, v_i para medir el efecto aleatorio y u_i para medir la ineficiencia técnica. El elemento v_i representa los sucesos que no son controlables por las empresas debido a que permite variaciones aleatorias de la frontera y captura el efecto de los errores de medida. Por otro lado, el componente u_i se encarga de capturar los efectos de la ineficiencia relativa a la frontera estocástica.

Con estos dos elementos podemos definir la función de producción que tiene la siguiente forma.

$$q = f(x) + e, \text{ donde } e = v_i - u_i, \text{ con } v_i, u_i \geq 0$$

La posibilidad que brinda el disponer de una expresión matemática para la frontera, permite trabajar más fácilmente con esta. La estimación de la frontera estocástica nos presenta la posibilidad de realizar inferencia estadística sobre los resultados obtenidos, además de obtener unas estimaciones más ajustadas sobre la eficiencia. Por estos motivos, esta es la metodología elegida para realizar este estudio.

Por otro lado, encontramos los métodos no paramétricos. Estos métodos no requieren la imposición de una forma funcional determinada, únicamente se basan en la definición de un conjunto de propiedades formales mediante la programación matemática, con la que se encuentran un conjunto de observaciones que delimitaran la frontera.

Cabe destacar que la programación matemática es determinista, por lo que cualquier desviación entre la frontera y la observación será definida como ineficiencia.

El siguiente paso consiste en elegir la forma funcional de la frontera estocástica. Los estudio de eficiencia utilizan dos funciones principalmente, la función *Cobb-Douglas* o la función Translogarítmica (*Translog*).

La función Cobb-Douglas se forma tomando logaritmos de inputs y outputs, obteniendo la siguiente función.

$$\ln q = \beta_0 + \sum \beta \ln x_n + v_i - u_i$$

Esta forma funcional tiene ventajas e inconvenientes. Uno de sus puntos a favor es la facilidad para estimar la relación entre un conjunto de variables, además, estos parámetros estimados facilitan información sobre la elasticidad del output respecto a los distintos inputs. Uno de sus principales inconvenientes es su excesiva simplicidad, ya que supone que todas las empresas tienen la misma elasticidad de producción, con elasticidades de sustitución iguales a uno.

La función Translog es una generalización de la función Cobb-Douglas con el desarrollo de segundo orden de Taylor, presentando una forma funcional más flexible.

$$\ln q = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + 2 \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m + v_i - u_i$$

Esta función tiene más parámetros para estimar y menos restricciones sobre las elasticidades de producción, lo cual lleva a una interpretación menos intuitiva ya que no representa elasticidades. Se puede transformar la función para que esta interprete los parámetros como elasticidades respecto al output, para ello se deben expresar todas las variables en diferencias respecto a su media.

Ambas formas funcionales son lineales en los parámetros y se pueden estimar mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). En el siguiente apartado se elegirá la forma funcional que más se adapte a la muestra seleccionada y proporcione una mayor información acerca de esta.

4. RESULTADOS

Para el análisis de los resultados obtenidos, vamos a seleccionar en un primer lugar la forma funcional correcta para la elaboración de la frontera de posibilidades de producción (FPP), posteriormente y basándonos en la frontera estocástica estimada, proporcionaremos un mapa de eficiencia de la industria vitivinícola aragonesa, prestando especial atención en las denominaciones de origen de mayor tamaño.

4.1 Selección de la forma funcional.

Para la selección de la fórmula funcional se ha utilizado el programa R (R Development Core Team) para el análisis estadístico. Se trata de un lenguaje y entorno de software

libre, desarrollado por Ross Ihaka junto a Robert Gentleman en 1993, aunque actualmente es mantenido por R Foundation for Statistical Computing. Su función principal es el análisis estadístico y la visualización de datos, ofreciendo una amplia gama de herramientas para tratar con estos.

En el contexto de esta investigación sobre eficiencia, es importante señalar que, aunque la teoría económica describe las fronteras de producción en términos físicos (unidades de producción), en la práctica esta información no suele ser fácilmente accesible. Por ello, los estudios de eficiencia utilizan valores monetarios, de más fácil obtención, como una aproximación a estas unidades físicas de producción. En este proyecto, definimos la función de producción de la siguiente manera:

$$V = f(L, K, MP)$$

En esta función de producción el término V representa los ingresos de explotación de las bodegas, L el gasto en mano de obra, K la dotación para la amortización del inmovilizado material, y por último, MP el gasto destinado a materias primas. Todas estas variables están expresadas en miles de euros.

La información recogida para poder definir esta función de producción se ha recogido a través de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos). Se trata de una herramienta desarrollada por Bureau van Dijk en 1997, la cuál es fundamental en el ámbito empresarial y académico, ya que nos permite acceder a la información económica y financiera sobre empresas ubicadas en España y Portugal. La base de datos extraída de este programa consta de 73 observaciones recogidas a partir de todas las empresas cuya actividad principal sea la elaboración de vino con código CNAE 1102, eliminando las no activas, sin código de actividad y las que presentan ausencia de información necesaria.

Basándonos en dicha muestra, estimamos la frontera estocástica correspondiente a la forma funcional Cobb-Douglas:

$$\ln V = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_j \ln X_n + v_i - u_i$$

El resultado de dicha estimación de la forma funcional lo encontramos en la Tabla 1,

Tabla 1. Estimación de la forma funcional

Variable	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	
(Intercept)	1.31373	0.21174	6.204	3.72e-08	***
Log(L)	0.32561	0.08407	3.873	0.000244	***
Log(K)	0.08079	0.07250	1.114	0.269037	
Log (MP)	0.58187	0.06199	9.387	6.79e-14	***

Fuente: Herramienta R. Elaboración propia

Siguiendo con la selección de la forma funcional, vamos a estimar la función estocástica de producción Translog:

$$\begin{aligned} \ln V = & \beta_0 + \beta_1 \ln K_{1i} + \beta_2 \ln L_{2i} + \beta_3 \ln MP_{3i} + 0.5\beta_{11} (\ln K_{1i})^2 \\ & + 0.5\beta_{22} (\ln L_{2i})^2 + 0.5\beta_{33} (\ln MP_{3i})^2 + \beta_{12} \ln K_{1i} \ln L_{2i} \\ & + \beta_{13} \ln K_{1i} \ln MP_{3i} + \beta_{23} \ln L_{2i} \ln MP_{3i} + v_i - u_i \end{aligned}$$

La Tabla 2 nos muestra los niveles de significatividad individual de las variables respecto a la variable dependiente.

Tabla 2. Niveles de significatividad individual

Variable	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)	
(Intercept)	0.973981	0.291584	3.3403	0.0008368	***
Log(mCapital)	0.127384	0.121040	1.0524	0.2926100	
Log(mLabour)	0.016525	0.116656	0.1417	0.8873534	
Log(mMp)	1.019366	0.154469	6.5992	4.135e-11	***
I(0.5*Capital^2)	0.101981	0.83310	1.2241	0.2209055	
I(0.5*Labour^2)	0.514704	0.199489	2.5801	0.0098768	**
I(0.5*MP^2)	0.106510	0.032991	3.2285	0.0012444	**
I(Capital*Labour)	-0.154511	0.099465	-1.5534	0.1203208	
I(Capital*MP)	0.072803	0.119150	0.6110	0.5411856	
I(Labour*MP)	-0.282049	0.094696	-2.9785	0.0028970	**
sigmaSq	0.421044	0.081836	5.1450	2.675e-07	***
gamma	0.965028	0.030648	31.4873	< 2.2e-16	***

Fuente: Herramienta R. Elaboración propia

Para determinar cuál es la forma funcional correcta realizamos la prueba Cobb-Douglas versus Translog. Este contraste, el cual sigue una distribución chi-cuadrado (χ^2), nos indica si existen diferencias significativas entre las dos especificaciones que describen la

relación entre las distintas variables. Los resultados de dicho contraste podemos encontrarlos en la tabla (), donde el modelo uno corresponde a la función de producción Cobb-Douglas, y el modelo dos representa la función Translog.

Tabla 3. Cobb-Douglas versus Translog

Model	#Df	Loglik	Df	Chisq	Pr(>Chisq)
ProdCDSfa (Mod1)	6	-52.209	-	-	-
ProdTLSfa (Mod2)	12	-29.558	6	45.302	4.076e-08

Fuente: Herramienta R. Elaboración propia

Como podemos observar en los resultados obtenidos, se ha obtenido un p-valor considerablemente pequeño. Midiéndolo a un nivel de significatividad de 0,05 deducimos que se rechaza la función de producción Cobb-Douglas, prefiriendo de tal forma la Translog (ProdTLSfa).

Una vez que ya sabemos cuál es la forma funcional que hemos elegido, utilizamos una estimación en medias para obtener unos resultados más claros. Una estimación en medias es un técnica estadística que utilizamos para obtener una visión más general y simplificada de los datos, calculado el promedio de ciertas variables. De esta forma conseguimos simplificar la interpretación de resultados, facilitar el análisis de la tendencia y apoyar en mayor medida la toma de decisiones. Los resultado de dicha estimación los podemos obtener en la Tabla 4.

Tabla 4. Estimación en medias

Variable	Estimate	Std. Error	Z Value	Pr(> z)
(Intercept)	-0.601217	0.091692	-6.5569	5.493e-11
Log(mCapital)	-0.151156	0.129674	-1.1657	0.2437531
Log(mLabour)	0.629601	0.149858	4.2013	2.654e-05
Log(mMp)	3.391041	0.415349	8.1643	3.233e-16
I(0.5*Capital^2)	0.109479	0.057338	1.9093	0.0562172
I(0.5*Labour^2)	0.792882	0.167461	4.7347	2.193e-06
I(0.5*MP^2)	1.956244	0.633646	3.0873	0.0020200

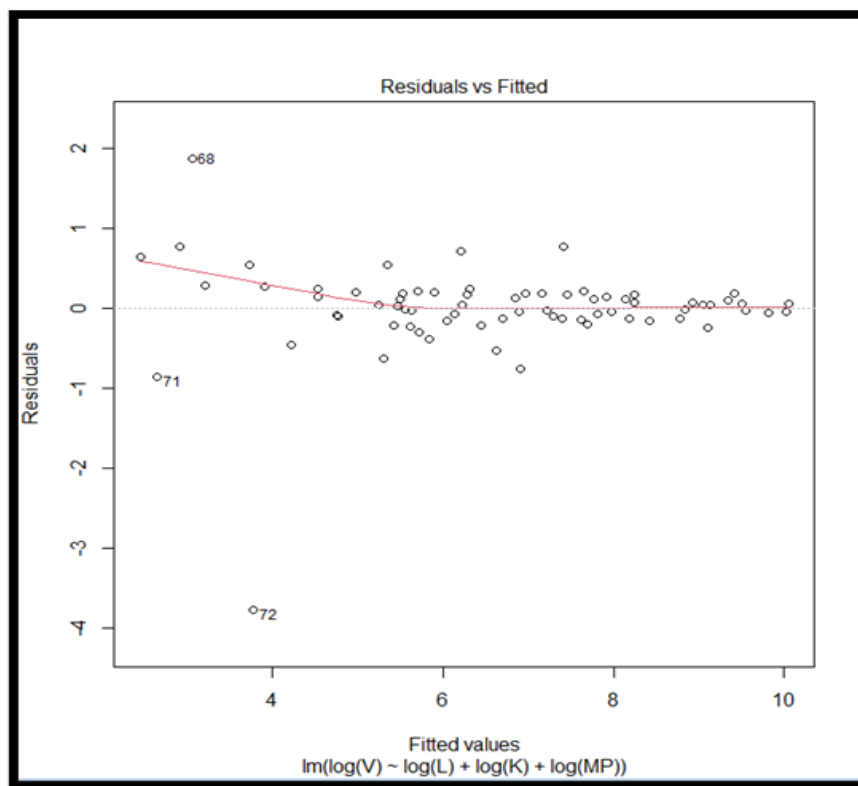
.

**

I(Capital*Labour)	-0.420398	0.098086	-4.2860	1.819e-05	***
I(Capital*MP)	1.331333	0.356804	3.7313	0.0001905	***
I(Labour*MP)	-1.374205	0.327278	-4.1989	2.682e-05	***
sigmaSq	0.351451	0.072530	4.8456	1.262e-06	***
gamma	0.951373	0.029061	32.7366	< 2.2e-16	***

Fuente: Herramienta R. Elaboración propia

Por último, se va a analizar la calidad del ajuste del modelo de regresión, para ello disponemos del siguiente gráfico, donde en el eje horizontal encontramos los valores ajustados, y en el eje vertical los residuos de este.



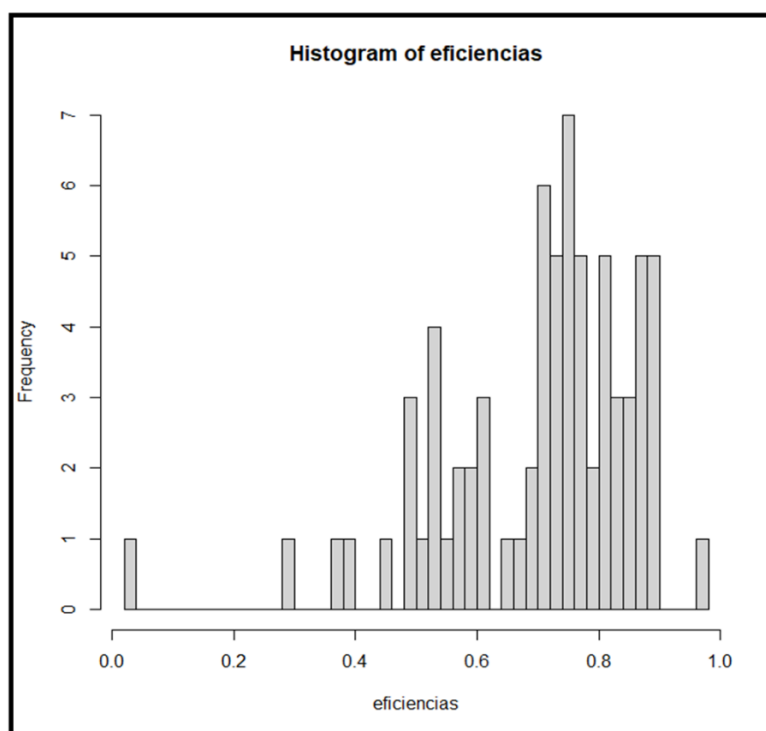
Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Gretl

Como podemos observar la mayoría de los puntos se distribuyen de manera simétrica y aleatoria, lo cual nos indica un buen ajuste del modelo a los datos proporcionados. Sin embargo, podemos observar una leve curvatura de la línea roja, lo cual quiere indicar que el modelo no captura completamente la relación entre las variables. En general, se deduce que el modelo tiene un buen ajuste, con los residuos distribuidos de manera mayoritariamente aleatoria y sin indicios significativos de heteroscedasticidad. Por lo tanto, podemos concluir que el modelo es funcional.

4.2 La eficiencia en el sector vitivinícola aragonés.

Basándonos en la estimación de la frontera de producción Translog, procedemos a calcular el índice de eficiencia para cada empresa vitivinícola que aparece en la muestra.

Este análisis muestra una eficiencia media de 0,7, un dato elevado/bajo para la dinámica del sector aragonés. El histograma resultante destaca la frecuencia de los diferentes niveles de eficiencia, evidenciando que la mayoría de las bodegas presentan unos índices que oscilan entre 0,737 y 0,674, como podemos observar en el siguiente gráfico.



Elaboración Propia. Herramienta: Gretl

Para poder representar los datos con una mayor claridad, en la siguiente tabla se presentan los datos de las cinco bodegas más eficientes e ineficientes, adjuntando la denominación de origen a la que pertenecen. En dichas tablas podemos apreciar que las bodegas con un mayor índice de eficiencia se encuentran en las provincias de Zaragoza y Huesca. Las dos bodegas más eficientes son la Cooperativa Agraria de San Nicolás, la cual pertenece a la denominación de origen Cariñena con aproximadamente 400 hectáreas de viñedo, y por otro lado Bodegas Sers, perteneciente a la denominación de origen Somontano, se trata de una bodega familiar de reducido tamaño con únicamente doce hectáreas de plantación, destacada por preservar la forma tradicional de cultivo.

Por contrapartida, las empresas con un índice de eficiencia menor se encuentran ubicadas en diversas localizaciones, pero predominan las ubicadas en la provincia de Zaragoza, seguidas de Huesca y Teruel.

Tabla 5. Bodegas más eficientes

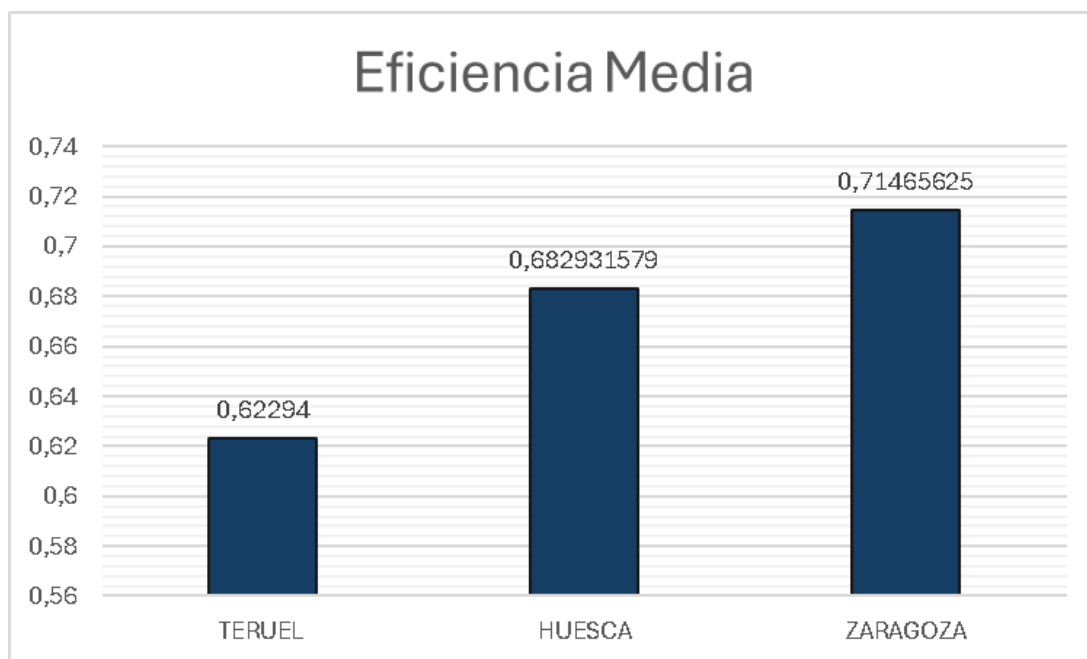
Bodegas	CC.AA	Denominación de Origen	Eficiencia
S.C. AGRARIA SAN NICOLAS	Zaragoza	DO Cariñena	0.9609784
BODEGAS SERS S.L.	Huesca	DO Somontano	0.8999015
BODEGAS ESTEBAN MARTÍN S.L.	Zaragoza	DO Cariñena	0.8903722
MONTESA VINOS Y VIÑAS S.L.	Huesca	DO Somontano	0.8870295
JORDAN DE ASSO S.L.	Zaragoza	DO Cariñena	0.8849214

Tabla 6. Bodegas más ineficientes.

Bodegas	CC.AA	Denominación de Origen	Eficiencia
BODEGAS DEL SEÑORÍO S.L.	Zaragoza	DO Cariñena	0.0220237
VINOS CASTEJÓN S.L.	Zaragoza	No pertenece a ninguna DO	0.2907137
HERMANOS TORCAL S.L.	Zaragoza	DO Cariñena	0.3771440
EDRA BODEGAS Y VIÑEDOS S.L.	Huesca	No pertenece a ninguna DO	0.3881070
AMPRIUS LAGAR S.L.	Teruel	No pertenece a ninguna DO	0.4517994

Como empresa más ineficiente se encuentra Bodegas del Señorío, ubicada en Almonacid de la Sierra, y perteneciente a la denominación de origen de Cariñena, al igual que la empresa más eficiente. La bodega cuenta con 60 hectáreas de plantación, pero ha visto notablemente reducida su facturación en los últimos años. Cabe destacar que dentro de las cinco empresas más ineficientes, tres de ellas no se encuentran adscritas a ninguna Denominación de Origen Protegida (DOP), estas están amparadas bajo Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP), otro sistema de protección de productos alimentarios menos exigente que las DOP en cuanto a vinculación entre el producto y el lugar de origen.

Siguiendo con el análisis de eficiencia, se elabora un promedio de eficiencia de cada bodega en función de la provincia a la que pertenecen, pudiendo obtener de forma más visual que provincia aragonesa es más o menos eficiente. Cabe destacar que la eficiencia media de la muestra elegida es del 0,699916, aproximando 0,7.

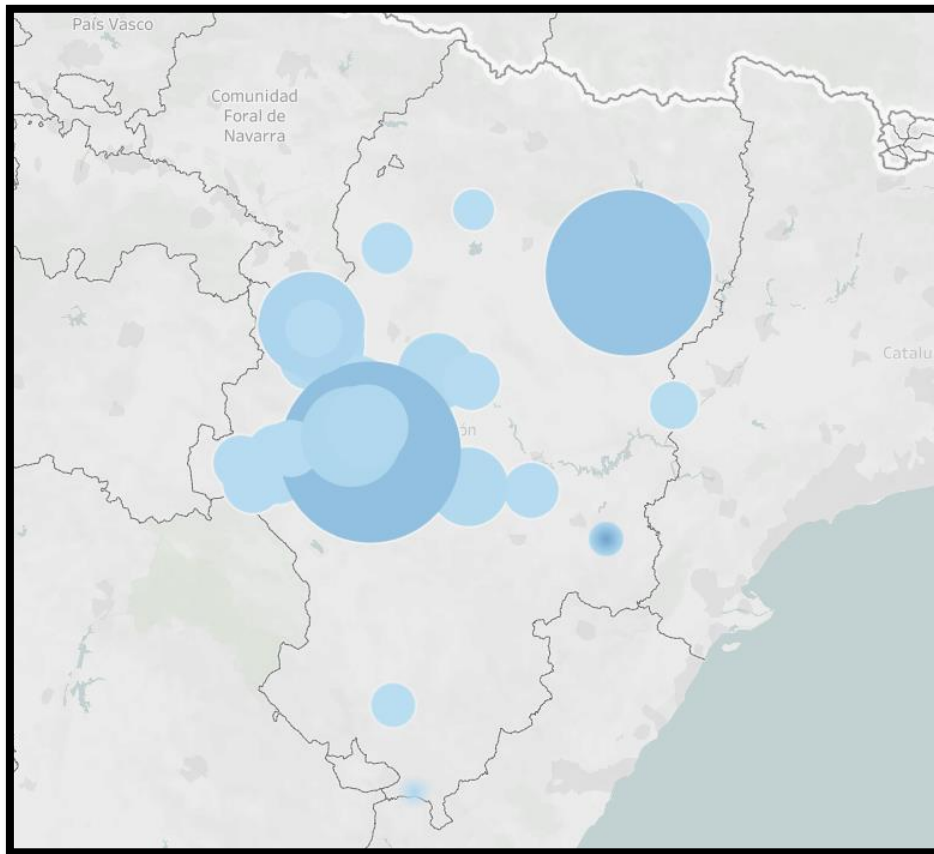


Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Excel

Tal y como se puede observar en el gráfico, la provincia de Zaragoza es la que presenta una mayor eficiencia media (0.7146), seguida de Huesca (0.6829) y Teruel (0.6229). Esto puede deberse a diversos factores, pero principalmente se podría justificar en gran medida por las diferencias de recursos, infraestructuras y la relevancia económica de Zaragoza como principal núcleo económico y logístico de Aragón, donde cuentan con mayores inversiones en tecnología, y un acceso menos costoso a los mercados internacionales.

Por otro lado, Huesca y Teruel, aunque destacan en la producción de vinos de alta calidad, se encuentran con limitaciones derivadas de una menor densidad poblacional respecto a Zaragoza, contando con un acceso menos desarrollado a infraestructuras avanzadas. Teruel presenta la eficiencia media más baja probablemente debido a las características de su tejido empresarial, junto con las dificultades inherentes a operar en una región menos conectada y con limitaciones climáticas o geográficas, además de no contar con ninguna denominación de origen dentro de su región.

El siguiente mapa, muestra las eficiencias de las distintas localizaciones dentro de Aragón. Cada localidad está representada por círculos cuyo tamaño varía en función de la eficiencia, permitiendo una visualización más clara de los datos obtenidos detectando las zonas con un mayor y menor rendimiento.



Elaboración Propia. Herramienta: Tableau Public

Los resultados que se obtienen clarifican la distribución de eficiencias dentro de Aragón, observando el mapa se puede identificar las áreas donde las bodegas son más eficientes. Las zonas con un área mayor coinciden con las regiones donde se encuentran las principales DOP, como se podía prever. Existen zonas con círculos más pequeños que corresponden a bodegas que no están asociadas a ninguna denominación de origen, indicando una menor eficiencia. Este fenómeno podría estar relacionado con factores como un menor acceso a recursos, infraestructura limitada o prácticas de gestión mal desarrolladas.

La distribución de los círculos sugiere una correlación entre el tamaño de la eficiencia con la proximidad a las áreas de mayor tradición vinícola. Por ejemplo, zonas como el valle del Ebro o zonas cercanas a la capital aragonesa presentan círculos notablemente más grandes, al igual que la zona del Somontano.

5. ANÁLISIS ECONOMETRICO

La econometría es la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos al análisis de datos económicos con el propósito de dar un punto de vista empírico a las teorías económicas, o en este caso al objeto de estudio. Para la realización de este análisis se ha utilizado el programa Gretl (Gnu Regression, Econometrics and Time-series Library), un software libre y de código abierto utilizado en el ámbito de la docencia e investigación, desarrollado por Allin C. Kelly, doctorado en economía y profesor en la Universidad de Ginebra.

5.1 Impacto de la localización en la eficiencia

El objetivo de este análisis econométrico consiste en estudiar en qué medida afecta a la eficiencia de una bodega pertenecer a una provincia u a otra, y observar cómo esta variable puede afectar al objeto de estudio.

En un primer lugar, se especifica el modelo econométrico. Para ello, se utiliza una regresión lineal, la cual nos permite modelizar la eficiencia en función de la provincia (Huesca, Zaragoza y Teruel), obteniendo la siguiente estimación por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Entendiendo E_i como la eficiencia técnica de la empresa i , β_n como coeficiente, y ϵ_i error aleatorio del modelo.

Para la realización de este modelo se han utilizado variables ficticias, correspondientes a Huesca (DPROVINCIA_2), Zaragoza (DPROVINCIA_1) y Teruel (DPROVINCIA_3)

$$\text{Modelo 1. } E_i = \beta_0 + \beta_1 \text{Provincia}_i + \epsilon_i$$

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-72				
Variable dependiente: EFICIENCIA				
	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.682934	0.0377968	18.07	7.26e-028
DPROVINCIA_1	0.0317226	0.0446552	0.7104	0.4799
DPROVINCIA_3	-0.0599861	0.0828087	-0.7244	0.4713
Media de la vble. dep.	0.699917	D.T. de la vble. dep.		0.164378
Suma de cuad. residuos	1.872893	D.T. de la regresión		0.164752
R-cuadrado	0.023733	R-cuadrado corregido		-0.004565
F(2, 69)	0.838684	Valor p (de F)		0.436637
Log-verosimilitud	29.20697	Criterio de Akaike		-52.41393
Criterio de Schwarz	-45.58393	Crit. de Hannan-Quinn		-49.69489

Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Gretl

Para comprobar si existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, se analizan los coeficientes del modelo, para determinar si son individualmente significativos. Previamente se debe comprobar si el modelo presenta problemas de heteroscedasticidad, esto se produce cuando la varianza de las perturbaciones no es constante a lo largo de las observaciones. Hay diferentes métodos para comprobar si existe dicho problema, pero en ese estudio se realiza el contraste de White.

El contraste de White es uno de los más utilizados dentro de los análisis econométricos. Basándose en una regresión lineal múltiple para justificar los residuos al cuadrado de la función de la variable explicativa y los productos cruzados de la misma.

```
Estadístico de contraste: TR^2 = 0.212141,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 0.212141) = 0.899361
```

$$H_0 = \text{Homoscedasticidad}$$

$$H_1 = \text{Heteroscedasticidad}$$

Una vez realizado el contraste, concluimos que el modelo no presenta problemas de heteroscedasticidad, ya que aceptamos la hipótesis nula para un nivel de significatividad de 0,05 (ϵ).

Siguiendo con el análisis del modelo, se realiza el contraste de Reset. Este contraste permite estudiar si la forma funcional del modelo es correcta. Observando los resultados, se acepta que la hipótesis nula es correcta, por tanto, la forma funcional del modelo es correcta. Esto se deduce ya que el p-valor = 1, es mayor que el nivel de significatividad 0,05 ($\alpha = 0,05$).

Como se ha podido comprobar que la forma funcional del modelo es correcta, el siguiente

```
Estadístico de contraste: F = 0.000000,  
con valor p = P(F(2, 69) > 0) = 1
```

paso a seguir es evaluar si las variables ficticias (provincias) afectan significativamente a la eficiencia técnica de las bodegas. Para ello, existen varios métodos econométricos como el test F, Contraste de Wald o el Contraste de significatividad individual, este último es el que se ha elegido para este proyecto.

En primer lugar se definen las hipótesis del contraste,

$$H_0 = \beta_i = 0 \quad \text{La variable ficticia no tiene efecto significativo sobre la eficiencia}$$

$H_1 = \beta_i \neq 0$ La variable ficticia si tiene efecto significativo sobre la eficiencia

$p - \text{valor}(DPROVINCIA_1) = 0.479$

$p - \text{valor}(DPROVINCIA_3) = 0.4713$

Se observan los p-valores de ambas variables en el modelo inicial, para poder realizar el contraste a un nivel de significatividad de 0,05 ($\alpha = 0,05$). Como ambos valores son mayores que 0,05, se deduce que no existe una evidencia estadística para rechazar H_1 , es decir, la ubicación geográfica de las bodegas aragonesas no ejerce un impacto significativo sobre su eficiencia técnica.

5.2 Impacto de la Denominación de Origen sobre la eficiencia

El objetivo de este segundo análisis econométrico consiste en estudiar en qué medida afecta a la eficiencia de una bodega pertenecer a una denominación de origen, y observar si esta variable tiene un efecto significativo sobre el objeto de estudio.

En un primer lugar, al igual que en el estudio previo, se especifica el modelo econométrico. Para ello, se utiliza una regresión lineal, la cual nos permite modelizar la eficiencia en función de su situación de pertenencia, obteniendo la siguiente estimación por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Entendiendo E_i como la eficiencia técnica de la empresa i , β_0 como la eficiencia promedio de las empresas que no pertenecen a una DOP, β_1 como la diferencia en eficiencia promedio entre las bodegas que pertenecen a una DOP y las que no, DOP_i es la variable ficticia del modelo, la cual toma el valor 1 si la bodega pertenece a una denominación de origen y valor 0 si esta no pertenece, por último, ϵ_i error aleatorio del modelo.

$$\text{Modelo 2. } E_i = \beta_0 + \beta_1 DOP_i + \epsilon_i$$

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-100				
Variable dependiente: Efficiency				
	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.650889	0.00639567	101.8	3.39e-101 ***
DO	0.0878373	0.00904484	9.711	5.12e-016 ***
Media de la vble. dep.	0.694808	D.T. de la vble. dep.		0.063031
Suma de cuad. residuos	0.200432	D.T. de la regresión		0.045224
R-cuadrado	0.490405	R-cuadrado corregido		0.485205
F(1, 98)	94.30964	Valor p (de F)		5.12e-16
Log-verosimilitud	168.7286	Criterio de Akaike		-333.4572
Criterio de Schwarz	-328.2469	Crit. de Hannan-Quinn		-331.3485

Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Gretl.

En un primer lugar, se observa que los coeficientes estimados del modelo, asociados a la pertenencia a una Denominación de Origen Protegida (DOP), si son estadísticamente significativos. Esto implica, según el análisis realizado, que existe una evidencia suficiente para afirmar que la pertenencia a una DOP afecta significativamente a la eficiencia técnica de las bodegas aragonesas.

Para comprobar si existe una relación estadísticamente significativa entre las variables, al igual que en el anterior análisis econométrico, debemos realizar una serie de contrastes para observar si el modelo presenta cualquier problema

En el contraste de White, el cuál mide si existe un problema de heteroscedasticidad, obtenemos los siguiente resultados

```
Contraste de heterocedasticidad de White -
Hipótesis nula: [No hay heterocedasticidad]
Estadístico de contraste: LM = 0.214568
con valor p = P(Chi-cuadrado(1) > 0.214568) = 0.64321
```

$$H_0 = \text{Homoscedasticidad}$$

$$H_1 = \text{Heteroscedasticidad}$$

Concluimos que el modelo no presenta problemas de heteroscedasticidad, ya que aceptamos la hipótesis nula para un nivel de significatividad de 0,05 (ϵ).

Siguiendo con el análisis del modelo, se realiza el contraste de Reset, el cual nos indicara si la forma funcional del modelo es correcta. Esto se deduce ya que el p-valor = 1, es mayor que el nivel de significatividad 0,05 ($\alpha = 0,05$).

```
Estadístico de contraste: F = -0.000000,
con valor p = P(F(2,98) > -1.35709e-014) = 1
```

Como se ha podido comprobar que la forma funcional del modelo es correcta, el siguiente paso a seguir es evaluar si las variables afectan significativamente a la eficiencia técnica de las bodegas. Para ello se va a utilizar, al igual que en el anterior modelo, el contraste de significatividad individual. Se definen las hipótesis del contraste.

$$H_0 = \beta_i = 0 \text{ La variable DOP no tiene efecto significativo sobre la eficiencia}$$

$$H_1 = \beta_i \neq 0 \text{ La variable DOP si tiene efecto significativo sobre la eficiencia}$$

$$p - \text{valor}(DPROVINCIA_1) = 5.12e - 016 ***$$

Como el valor es menor que 0.05, se deduce que existe una evidencia estadística para aceptar H_1 , es decir la variable DOP si tiene un efecto significativo sobre la eficiencia técnica de las bodegas aragonesas para un nivel de significatividad de 0.05 ($\alpha = 0,05$).

5.3 Comparación de eficiencia entre las Denominaciones de Origen

En este tercer análisis se analiza la eficiencia en función de la Denominación de Origen a la que pertenecen, con el objetivo de identificar cuál de las cuatro denominaciones estudiadas presenta un mayor nivel de eficiencia. Para elaborar este análisis se utiliza un modelo econométrico de regresión con variables ficticias, el cual nos permite comparar la eficiencia promedio de cada DO.

Se especifica el modelo econométrico. Para ello, se utiliza una regresión lineal, la cual nos permite modelizar la eficiencia en función de la DOP (Calatayud, Cariñena, Somontano y Campo de Borja), obteniendo la siguiente estimación por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO). Entendiendo E_i como la eficiencia técnica de la empresa i , DOP_i como variables ficticias asociadas cada una a una denominación de origen, y ϵ_i error aleatorio del modelo. Para evitar el problema de multicolinealidad perfecta, es necesario excluir una de las DOP_i del modelo.

Las variables ficticias del modelo representan a las Denominaciones de Origen de Calatayud (DOP1), Somontano (DOP2), Campo de Borja (DOP3) y Cariñena (DOP4).

$$\text{Modelo3. } E_i = \beta_0 + \beta_1 DOP_1 + \beta_2 DOP_2 + \beta_3 DOP_3 + \epsilon_i$$

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-72				
Variable dependiente: EFTRANS				
	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.731251	0.0244246	29.94	6.93e-041 ***
DOP1	-0.124772	0.0690831	-1.806	0.0753 *
DOP2	-0.0260566	0.0445930	-0.5843	0.5609
DOP3	-0.173065	0.0690831	-2.505	0.0146 **
Media de la vble. dep.	0.699917	D.T. de la vble. dep.	0.164378	
Suma de cuad. residuos	1.703775	D.T. de la regresión	0.158289	
R-cuadrado	0.111888	R-cuadrado corregido	0.072706	
F(3, 68)	2.855634	Valor p (de F)	0.043457	
Log-verosimilitud	32.61394	Criterio de Akaike	-57.22789	
Criterio de Schwarz	-48.12122	Crit. de Hannan-Quinn	-53.60250	

Fuente: Elaboración Propia. Herramienta: Gretl.

La DOP_4 asociada a Cariñena se ha excluido, por tanto, β_0 medirá la eficiencia promedio de la DOP Cariñena, mientras que el resto (DOP_1, DOP_2, DOP_3) miden el impacto en términos de eficiencia de cada denominación con relación a esta.

Analizando los índices obtenidos, Calatayud tiene un coeficiente de -0.1247, lo que sugiere que las bodegas de esta denominación de origen son, en promedio, un 12.47% menos eficientes que las de referencia (Cariñena). Por otro lado, la denominación de origen Somontano presenta un dato estadísticamente no significativo para un nivel de significatividad del 5% ($p - valor(DOP_2) = 0.5609 > 0.05$). Por último, Campo de Borja presenta el coeficiente más negativo -0.1730, indicando una disminución del 17.30% en la eficiencia promedio respecto a la referencia.

Al igual que en el resto de los modelos econométricos se han realizado las pruebas pertinentes, y este modelo no presenta problema de heteroscedasticidad o problemas en su forma funcional, por lo que se han interpretado los resultados correctamente.

5.4 Resultados

Del análisis realizado se concluye que la ubicación geográfica de las bodegas aragonesas no presenta un efecto significativo sobre la eficiencia, en términos econométricos, tal y como se interpretan los resultados obtenidos en los diferentes contrastes. Esta falta de impacto aparente puede atribuirse, en gran medida, a la limitación inherente de la variable ficticia que se define para este problema, ya que clasifica a las diferentes bodegas únicamente en función de su provincia (Zaragoza, Huesca o Teruel), sin tomar en consideración otras variables que influyen directamente en la eficiencia. En este sentido, la variable geográfica actúa como una aproximación general, pero es incapaz de valorar las características particulares de cada bodega o de cada provincia.

Encontramos ciertas variables estructurales como factores tecnológicos, socioeconómicos o estructurales que pueden variar entre provincias, incluso pueden ser determinantes dentro de una misma denominación de origen. Por ejemplo, provincias como Zaragoza pueden beneficiarse de mejores infraestructuras y un mayor desarrollo tecnológico en comparación con Huesca o Teruel, lo que podría influir en los niveles de eficiencia, al igual que otros factores como el clima, humedad, precipitaciones, composición del suelo o la propia topografía, aunque todos estos factores no quedan recogidos al utilizar una simple variable ficticia. Bien es cierto, que en Aragón se pueden

encontrar diferencias en las plantaciones de los viñedos, pero no se trata de diferencias tan significativas como las que se pueden observar al comparar con otras comunidades autónomas o incluso países.

La ausencia de significatividad econométrica observada en las variables geográficas nos lleva a concluir que las diferencias que se pueden observar en términos de eficiencia dentro de las bodegas aragonesas no vienen determinadas únicamente por factores naturales, si no que la gestión y la optimización de los factores de producción son una distintivo a la hora de maximizar la eficiencia.

Por otro lado, del análisis realizado se concluye que la pertenencia a una DOP tiene un efecto significativo sobre la eficiencia de las bodegas aragonesas. Este hallazgo sugiere que la denominación de origen no solo satisface la función de certificación de calidad y arraigo a la zona, sino que también influye en la eficiencia de las bodegas.

En este sentido, la pertenencia a una Denominación de Origen Protegida implica estándares más estrictos en los procesos de producción, que a su vez pueden fomentar un uso más eficiente de los recursos disponibles. Además del beneficio y reconocimiento nacional e internacional que les supone a las bodegas ser amparadas bajo una DOP, lo cual les permite una mayor comercialización y visualización de sus vinos, que se traduce directamente en la eficiencia.

Por último, al realizar la comparación en términos de eficiencia entre las DOP, se obtienen ciertas conclusiones. Tomando como referencia la denominación de origen de Cariñena concluimos que las denominaciones de origen de Calatayud y Campo de Borja son más ineficientes, al contrario que el Somontano, la cual no es estadísticamente significativa.

Estos resultados sugieren que la eficiencia de las bodegas está influida por la Denominación de origen a la que pertenecen. Estos hallazgos destacan la importancia de la Denominación de Origen como un factor que puede influir en la eficiencia de las bodegas. Las diferencias observadas podrían estar relacionadas con las particularidades de cada denominación, como la calidad de los recursos disponibles, las estrategias comerciales o las condiciones geográficas. Por lo tanto, comprender y abordar los factores específicos que afectan la eficiencia en Campo de Borja y Calatayud podría ser crucial para mejorar el desempeño de las bodegas en estas denominaciones.

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo ha analizado y estudiado la eficiencia del sector vitivinícola aragonés, describiendo la historia y trayectoria del sector a nivel nacional y autonómico, junto con sus principales datos económicos, estructura del sector, así como sus flujos de producción y objetivos a largo plazo. A continuación, se ha utilizado un modelo *Translog* de frontera estocástica para evaluar la eficiencia del sector vinícola, a través de una base de datos extraída de la herramienta SABI. A través de estos datos, se han calculado los índices de eficiencia de las diferentes bodegas, que han permitido identificar los máximos y mínimos niveles de eficiencia, además de ver cómo se distribuye geográficamente. Posteriormente, se ha estudiado en qué medida puede afectar a la eficiencia el factor geográfico a través de un sencillo modelo econométrico.

Los resultados obtenidos nos permiten evaluar la situación y extraer ciertas conclusiones sobre el sector.

- Los principales productores de vino se encuentran en Europa, donde España ocupa la tercera posición con un cultivo que supone el 13% de las existentes a nivel mundial. Destacando por sus vinos de gran calidad,
- El sector vinícola aragonés muestra eficiencia energética debido a procesos mayormente naturales y maquinaria de bajo consumo. Sin embargo, presenta una notable ineficiencia en el uso del agua, con un alto porcentaje transformado en residuo. La gestión de recursos es un área clave de mejora.
- El análisis de eficiencia muestra que la eficiencia promedio de la muestra, compuesta por 73 bodegas, oscila entre el 0,699916, aproximando 0,7. La mayoría de las bodegas aragonesas presentan unos índices de eficiencia comprendidos entre 0,737 y 0,674.
- La distribución de eficiencias promedio de las bodegas revela que el sureste de la provincia de Huesca y el suroeste de la provincia de Zaragoza son las regiones donde las bodegas presentan mayores promedios de eficiencia, donde se encuentran el mayor número de estas, coincidiendo con las Denominaciones de Origen Protegidas (DOP) de la comunidad.
- En cuanto a la relación entre la disposición geográfica de las bodegas y el promedio de eficiencia de estas, se observa que la provincia de Zaragoza es la más eficiente seguida muy cerca de la provincia oscense. El análisis econométrico no

ha proporcionado evidencia en una relación estadísticamente significativa entre la eficiencia del sector vinícola y la ubicación geográfica

- Los resultados obtenidos refuerzan la idea de que la pertenencia a una denominación de origen no solo agrega valor a los productos de las bodegas aragonesas, sino que también contribuye a mejorar su desempeño productivo, destacando la importancia que tiene sobre los niveles de eficiencia.
- Las denominación de origen de Campo de Borja es la más ineficiente seguida de Calatayud. Observando que la eficiencia promedio se ve modificada en función de la DOP a la que se pertenece

En definitiva, los resultados obtenidos en este trabajo, y a pesar de las limitaciones del estudio, sugieren líneas de investigación futuras en términos de sostenibilidad y eficiencia. En este sentido, la aplicación de la frontera Translog ha permitido extraer conclusiones valiosas, ofreciendo una base sólida para futuras mejoras y desarrollo en el ámbito de la eficiencia.

BIBLIOGRAFÍA

AIGNER, LOVELL Y SMITH (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models, J. of Econometrics 6 (1), páginas 21-37.

BASE DE DATOS SABI (2023). Información financiera y análisis económico de empresas vitivinícolas en España. Disponible en: <https://www.bvdinfo.com>

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (CSIC) (2023). Estudios sobre sostenibilidad y eficiencia en el sector vitivinícola. Disponible en: <https://www.csic.es>.

DOP CALATAYUD (2024). Información sobre vinos y bodegas de la Denominación de Origen Calatayud. Disponible en: <https://www.docalatayud.com>.

DOP CAMPO DE BORJA (2024). Datos sobre producción y características del vino en la Denominación de Origen Campo de Borja. Disponible en: <https://www.docampodeborja.com>.

DOP CARIÑENA (2024). Información sobre la Denominación de Origen Cariñena. Disponible en: <https://www.dopcarinena.com>.

DOP SOMONTANO (2024). Características y producción vitivinícola de la Denominación de Origen Somontano. Disponible en: <https://www.dosomontano.com>.

ICEX ESPAÑA EXPORTACIÓN E INVERSIONES (2023). Informes sectoriales sobre la exportación del vino español. Disponible en: <https://www.icex.es>.

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) (2023). Estudios sobre sostenibilidad energética en la industria vitivinícola. Disponible en: <https://www.idae.es>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA) (2023). Producción vitivinícola en España. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/produccionesagricolas/vitivinicultura/default.aspx>.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LA VIÑA Y EL VINO (OIV) (2023). Estimación de la producción mundial de vino en 2023. Disponible en: <https://www.oemv.es/oiv-estimacion-produccion-mundial-de-vino-en-2023>.

ORGANIZACIÓN INTERPROFESIONAL DEL VINO DE ESPAÑA (OIVE) (2023). Informe sobre la relevancia económica y social del sector vitivinícola en España. Disponible en: <https://interprofesionaldelvino.es/biblioteca/informes-importancia-sector/>.

WINE INSTITUTE (2023). Estadísticas y análisis sobre la industria vitivinícola. Disponible en: <https://www.wineinstitute.org>.