



**Universidad**  
**Zaragoza**

## Trabajo Fin de Grado

**ANÁLISIS DE EFICIENCIA DE LA INDUSTRIA  
ESPAÑOLA DE CULTIVOS PERENNES**

**EFFICIENCY ANALYSIS OF THE SPANISH  
PERENNIAL CROPS INDUSTRY**

Autor:

Cristina Sancho Gines

Tutores:

M.<sup>a</sup>. Dolores Esteban Álvarez

José M. Hernández García

Facultad de Economía y Empresa

2021-2022

## Resumen:

El objetivo del presente trabajo es estudiar la eficiencia del sector industrial de la agricultura de Cultivos Perennes en España. Para ello, comenzamos estudiando su evolución histórica y el contexto. A continuación, estimamos un modelo Translog de frontera estocástica, con información extraída de la base de datos SABI, para obtener los índices de eficiencia de las empresas dedicadas a la agricultura de Cultivos Perennes. A partir de estos resultados, nos preguntamos si la eficiencia de las empresas depende de su grado de automatización, y llegamos a la conclusión que no existe una relación positiva. Por último, se estudian los patrones de eficiencia en función de la localización geográfica, especialmente en Aragón, llegando a la conclusión de que no hay diferencias significativas en eficiencia según la localización en las tres provincias aragonesas.

## Abstract:

The aim of this paper is to study the efficiency of the industrial sector of Perennial Crops agriculture in Spain. To do so, we start by studying its historical evolution and context. Then, we estimate a stochastic frontier Translog model, with information extracted from the SABI database, to obtain the efficiency indices of the firms involved in Perennial Crops agriculture. From these results, we ask whether the efficiency of the firms depends on their degree of automation, and we conclude that there is no positive relationship. Finally, we study efficiency patterns according to geographical location, especially in Aragon, and conclude that there are no significant differences in efficiency according to location in the three Aragonese provinces.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. CONTEXTO EN AGRICULTURA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 EVOLUCIÓN DE LA SITUACIÓN MUNDIAL .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 AGRICULTURA EN ESPAÑA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.3 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LAS ISLAS BALEARES.....</b>	<b>10</b>
<b>3. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
<b>4. ANÁLISIS DE EFICIENCIA .....</b>	<b>15</b>
<b>4.1. FRONTERA DE PRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 EFICIENCIA EN EL SECTOR DE CULTIVOS PERENNES EN ESPAÑA.....</b>	<b>17</b>
<b>5. EFICIENCIA Y GRADO DE AUTOMATIZACIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>6. EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS ARAGONESAS .....</b>	<b>28</b>
<b>6.1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR EN ARAGÓN.....</b>	<b>29</b>
<b>6.2. EFICIENCIA Y LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>7. CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>36</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Países exportadores e importadores de productos agrícolas, 2016 .....	5
Ilustración 2: Producción agrícola por Comunidades Autónomas .....	7
Ilustración 3: Trufa negra de Teruel.....	9
Ilustración 4: Melocotón de Calanda .....	9
Ilustración 5: Representación de EFICIENCIAS .....	11
Ilustración 6: Frontera de Producción .....	12
Ilustración 7: Histograma de Eficiencia Translog.....	17
Ilustración 8: Eficiencia Medias por Comunidad Autónoma .....	20
Ilustración 9: Mapa de eficiencias por CCAA .....	21
Ilustración 10: PIB per cápita (€) por CCAA en 2020 .....	22
Ilustración 11: Grado medio de automatización por CCAA .....	24
Ilustración 12: Eficiencia media provincias de Aragón .....	30

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estimación Estocástica Frontera Translog .....	16
Tabla 2: Empresas más eficientes del sector agrícola .....	18
Tabla 3: Empresas más ineficientes en el sector agrícola .....	19
Tabla 4: Modelo 1 – MCO .....	25
Tabla 5: Contraste de heterocedasticidad de White – Modelo 1 .....	26
Tabla 6: Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan - Modelo 1 .....	27
Tabla 7: Modelo 2 - MCO con Desviaciones Típicas Robustas .....	28
Tabla 8: Empresas más eficientes del sector agrícola en Aragón .....	29
Tabla 9: Modelo 1. MCO .....	32
Tabla 10: Contraste de heterocedasticidad de White – Modelo 1 .....	33
Tabla 11: Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan - Modelo 1 .....	33

## 1. INTRODUCCIÓN

El sector de la agricultura, en concreto, el sector de cultivos perennes engloba en su conjunto a cultivos como la vid, cultivos de frutos tropicales y subtropicales, cultivos de cítricos, cultivos de frutos con hueso y pepitas, cultivos de otros árboles y arbustos frutales y frutos secos, entre otros.

La gran diversidad de árboles que conforman el sector hace que se caracterice por ser un sector muy amplio. Toda esta diversidad de productos finales es fruto de la multitud de empresas y mercados que ofrecen al consumidor un producto final.

La industria de la agricultura tiene gran importancia ya que desempeña un papel crucial en la economía de nuestro país, es la columna vertebral de nuestro sistema económico; no sólo proporciona alimentos y materias primas, satisfaciendo las necesidades básicas de la ciudadanía, sino también ofrece oportunidades de empleo a gran parte de la población. Es la principal fuente de empleo en el país, representando un 25% de la Población Económicamente Activa, es decir, es la principal fuente de empleo ya que más de 1,6 millones de personas laboran en el sector.

El sector primario (agricultura, ganadería, pesca y silvicultura) aportó el 2,7% del Producto Interior Bruto (PIB) de España en 2017 de manera directa. Gran parte de la fortaleza que posee el sector se basa en su gran capacidad exportadora, dicho sector ha logrado una significativa evolución de ventas en el exterior, situándose en la octava potencia exportadora alimentaria del mundo. En 2017, se superaron los 50.000 millones de euros, con un saldo positivo de 12.000 millones de euros a nuestra balanza comercial.

Con este trabajo de fin de grado se propone, por un lado, analizar el grado de eficiencia de las empresas productoras del cultivo perenne, centrándonos en las empresas localizadas en Aragón y, por otro lado, estudiar diversos factores que pueden determinar el comportamiento de la eficiencia, para así posteriormente discutir las implicaciones de política industrial que se pueden extraer para mejorar la eficiencia del sector del cultivo perenne aragonés. Los datos necesarios para realizar el trabajo se han obtenido de la base de datos SABI.

El trabajo se divide en cinco partes. En la primera parte se expone el contexto mundial del cultivo perenne para así centrarnos a continuación en la industria del cultivo perenne español, presentando sus principales datos económicos, la estructura del sector, así como

la localización geográfica. Por último, se hace referencia a las principales características que determinan los hábitos de consumo de tales frutos en España.

En la segunda parte del trabajo se desarrolla el marco teórico sobre la eficiencia productiva, explicando, por un lado, sus dos principales componentes: la eficiencia asignativa que corresponde con la proporción de inputs necesarios para generar al mínimo coste un determinado nivel de output y la técnica que corresponde a la capacidad de inputs y, por otro lado, los distintos métodos de obtención de fronteras de eficiencia: paramétricos y no paramétricos.

En la siguiente parte se utiliza un método paramétrico para generar a través de funciones de producción estocásticas de tipo Translog, un índice de eficiencia técnica en la producción agrícola de cultivos perennes para cada empresa. Este análisis se realiza con el programa R Commander y una vez obtenidos los índices de eficiencia, se estudiarán las pautas de eficiencia que sigue el sector.

En el cuarto apartado se analizan dos cuestiones. Por un lado, si la eficiencia de las empresas depende de su grado de automatización y, por otro lado, los patrones de eficiencia en función de la localización geográfica, especialmente en nuestra comunidad autónoma de Aragón.

En la última parte del trabajo se desarrollan las conclusiones donde se exponen los resultados más relevantes del trabajo y se reflexiona sobre la situación actual del sector tanto en España como en nuestra comunidad, Aragón, tanto en términos absolutos como en términos comparativos con el resto de España y menciona sus principales fortalezas y debilidades.

El motivo por el que he decidido analizar el sector del cultivo perenne en España es por la gran importancia que tiene en nuestro país y la competitividad que se observa en los mercados globales destacando su precio y calidad. Además, es un sector que contribuye positivamente a la economía rural evitando problemas como podría ser la despoblación territorial. Todo ello, me ha suscitado un gran interés por conocer en mayor profundidad el funcionamiento del sector.

## **2. CONTEXTO EN AGRICULTURA**

### **2.1 EVOLUCIÓN DE LA SITUACIÓN MUNDIAL**

El origen de la agricultura se remonta al periodo neolítico, por consiguiente, hablamos de una actividad económica con más de 10.000 años de historia. Su nacimiento no tiene un lugar determinado, por lo que se puede afirmar que este sector fue desarrollándose en distintos territorios de forma simultánea. Con su descubrimiento se modificó la dieta de las sociedades antepasadas y, con ello, su salud, dando lugar a la solución de diversas enfermedades crónico-degenerativas.

Las sociedades previas se basaban en la caza y la recolección, la aparición de este sector, la agricultura, les supuso a estas sociedades, en gran medida, un avance, ya que pasaron de autoabastecer con la caza y la recolección a cultivar una serie de productos que, con el paso del tiempo, permitieron asentamientos.

La gran expansión de este sector actualmente ha sido posible gracias a nuevas técnicas, a nuevas herramientas y maquinarias pesadas, a nuevas reformas en los procesos productivos, así como el aumento en la organización del trabajo, entre otras cosas. Todo ello ha permitido que la producción mundial crezca de forma significativa. De igual modo, dicha expansión se ha realizado de la mano de sustancias químicas fitosanitarias con el objetivo de cubrir las necesidades de la planta y luchar contra plagas y/o enfermedades. También se ha llevado a cabo realizando un consumo mayor en agua y provocando una pérdida de capas más fértiles del suelo, por tanto, el aumento que actualmente se genera con esta producción provoca un coste en el medio ambiente.

El territorio español es uno de los más destacados de la Unión Europea en términos de agricultura, por su extensa superficie, por el volumen de producción, por sus numerosas exportaciones, incluso por su gran variedad. Por ello, la agricultura española tiene una repercusión directa en la economía, en la sociedad, en la distribución del territorio, en el medioambiente, entre otras. Por lo tanto, tal sector está relacionado con la industria agroalimentaria, la transformación de alimentos y la industria destinada a la provisión del campo, etc. Todo ello es gracias a su diversidad, la gran calidad de sus cosechas, la especialización, los sistemas de protección de sanidad animal y vegetal, la tecnificación y la innovación constante de todas las explotaciones. En definitiva, su relevancia no se

traduce en sus números, pues hay que tener en cuenta el valor añadido que genera en otras áreas, así como el empleo y la riqueza que desempeña.

Una de sus ventajas es la topografía y los diversos tipos de clima que hacen realidad el cultivo de multitud de productos, que, a su vez, presentan una tipología de gran diversificación. Por ello, el PIB agrario se situó el año pasado en más de 35.000 millones de euros. Con relación a las exportaciones, ocupa el primer puesto a nivel europeo y el tercero mundialmente, por detrás de China y Estados Unidos.

A continuación, se aportan algunos datos actualizados respecto a la localización geográfica de las empresas más importantes del sector y respecto a cuáles son los principales países consumidores, exportadores e importadores de agricultura.

Tres de los diez principales países productores de agricultura están localizados en Asia: India, Vietnam, y China, siendo este último el líder destacado, con una producción que representa un 67,2% de la producción total. En lo que respecta a España, este país se sitúa, según datos de Statista, en la decimosexta posición, con una producción del 1,5%. Todo ello medido en producción del año 2020, en millones de toneladas métricas.

La mayor parte de la producción de agricultura en China se dedica a la exportación con un porcentaje cercano al 6% en 2016, por ello, alimenta al 22% de la población mundial. El líder en exportación de producción agrícola es la Unión Europea con un 45%. Otros países con una sólida posición exportadora de agricultura, pero un poco alejados del líder son Brasil e Indonesia con unos porcentajes del 6% y 3% en el año 2016. Esto pone de manifiesto que, a pesar de que los niveles de producción, en términos absolutos, a nivel mundial no son elevados, la calidad de la agricultura europea es apreciada en el mercado internacional.

De nuevo, la Unión Europea es el principal país consumidor de agricultura en el año 2016, con una cuota de consumo estable por encima del 43% sobre la producción total. Estados Unidos y China, con un 11,79% y 11,42% respectivamente, se sitúan en segundo y cuarto lugar.



## Los diez principales exportadores e importadores de productos agrícolas, 2016

(Miles de millones de dólares y porcentajes)

	Valor	Parte en las exportaciones/importaciones mundiales				Variación porcentual anual			
		2016	2000	2005	2010	2016	2010-16	2014	2015
<b>Exportadores</b>									
Unión Europea (28)	598	41.9	44.2	39.3	37.7	2	1	-13	3
exportaciones extra-UE (28)	160	10.0	9.7	9.4	10.1	4	1	-12	2
Estados Unidos de América	165	13.0	9.7	10.5	10.4	2	4	-12	3
Brasil	77	2.8	4.1	5.0	4.9	2	-3	-9	-4
China	76	3.0	3.4	3.8	4.8	7	6	-3	5
Canadá	63	6.3	4.8	3.8	4.0	3	4	-7	-1
Indonesia a	38	1.4	1.6	2.6	2.4	1	3	-10	-4
Argentina	37	2.2	2.2	2.5	2.3	1	-10	-9	7
Tailandia	37	2.2	2.1	2.6	2.3	1	-2	-8	1
Australia	34	3.0	2.5	2.0	2.1	4	3	-7	-6
India	34	1.1	1.2	1.7	2.1	6	-3	-19	-5
<b>Total de las 10 economías anteriores</b>	<b>1159</b>	<b>76.9</b>	<b>75.9</b>	<b>73.9</b>	<b>73.0</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Importadores</b>									
Unión Europea (28)	602	42.7	45.3	40.3	36.8	1	1	-12	2
importaciones extra-UE (28)	166	13.2	12.6	11.1	10.2	1	3	-10	0
Estados Unidos de América	160	11.6	10.6	8.4	9.8	5	7	0	2
China	155	3.3	5.0	7.8	9.5	6	3	-6	-3
Japón	75	10.4	7.3	5.6	4.6	-1	-5	-10	2
Canadá b	38	2.6	2.4	2.3	2.3	3	4	-5	-1
Corea, República de	32	2.2	1.9	1.9	2.0	3	5	-6	-3
India	29	0.7	0.8	1.3	1.8	8	12	1	5
Hong Kong, China	28	---	---	---	---	5	5	-6	3
importaciones definitivas a	18	1.1	0.8	1.0	1.1	5	6	-9	1
México b	28	1.8	1.8	1.7	1.7	3	3	-8	1
Federación de Rusia b	26	1.3	1.9	2.6	1.6	-5	-8	-33	-6
<b>Total de las 10 economías anteriores</b>	<b>1162</b>	<b>77.5</b>	<b>77.9</b>	<b>72.8</b>	<b>71.1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

*Ilustración 1: Países exportadores e importadores de productos agrícolas, 2016*  
Fuente: Noticia del periódico online *Opportimes*, publicado el 16 de abril de 2018.

Con el fin de fortalecer el papel de la agricultura europea a nivel mundial, las federaciones de los principales países se han unido al Comité Especial de Agricultura (CEA), este comité fue creado mediante decisión de los Representantes de los Gobiernos de los Estados miembros el 12 de mayo de 1960. El mismo está formado por altos funcionarios responsables de la política agrícola y por representantes permanentes de los Estados miembros. Este actualmente forma el cuerpo oficial representativo de los intereses de la industria. Las medidas para mejorar el sector agrario después de la pandemia claves son las siguientes:

- Inyectar liquidez para la dotación de capital circulante en el sector.
- Facilitar a los agricultores la financiación pública y privada, a través de subvenciones. Por ejemplo, a través de la Política Agraria Común (PAC) en toda la zona de la Unión Europea.

## **2.2 AGRICULTURA EN ESPAÑA**

De los países desarrollados, España es uno de los que más ha aumentado la producción agrícola en los últimos años. Entre los años 1990-1992 y 2002-2004 su crecimiento fue el tercero más importante de los países de la OCDE, tras México y Nueva Zelanda y se situó por delante de grandes potencias como Estados Unidos y Francia. Sin embargo, tal crecimiento ha sido equilibrado, ya que se ha producido tanto en producción de animales como vegetales.

Por otra parte, España emplea para uso agrícola un porcentaje mayoritariamente alto de su territorio y, por tanto, es uno de los países que mayor territorio destina a este sector. Además, se ha producido una expansión notable de la agricultura ecológica en la actualidad.

El incremento de la producción se ha llevado a cabo a través de una reducción del uso del factor tierra. La capacidad productiva se ha reducido casi un 7% entre 1986 y 2006, medido por la Superficie Agraria Útil (SAU).

Conforme ha transcurrido el tiempo, la mano de obra en nuestro país ha ido perdiendo peso como factor explicativo del descenso de la ocupación agraria, de forma simultánea ha ido adquirido un mayor protagonismo otros procesos como el envejecimiento, conllevando a la jubilación o la retirada de la actividad.

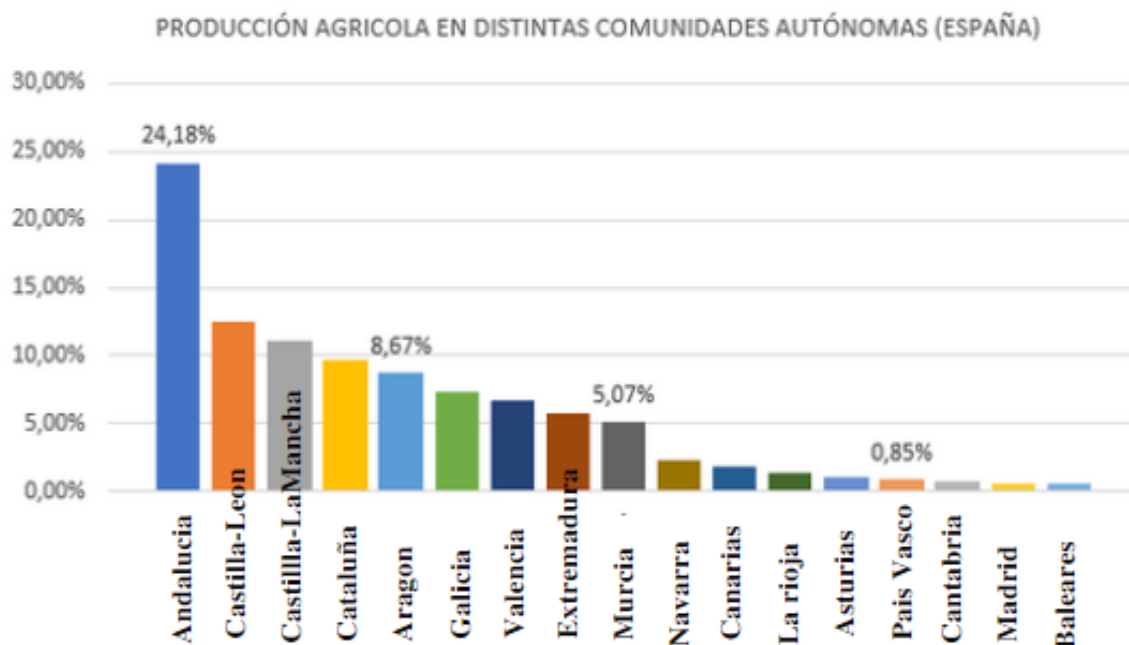
El empleo agrario en España se caracterizó por tener un carácter familiar, sin embargo, desde la segunda mitad de la década de los noventa esta tendencia ha tenido un declive a consecuencia de la extensión de la agricultura a tiempo parcial y por el aumento del trabajo asalariado. Según datos de la Comisión Europea (2007), únicamente el 50% del trabajo agrícola en España correspondía a empleados con jornada completa a la actividad.

A causa del envejecimiento de la población agraria, de la extensión de la agricultura a tiempo parcial y la presencia de la población inmigrante para la realización de algunas tareas, en especial la recolección, definen un mercado de trabajo en la agricultura de

nuestro país, cuyas características incitan a obtener una pérdida de profesionalización y de capital humano.

Dentro de la UE, España es el segundo receptor de fondos de la PAC, con más de 700.000 beneficiarios, y se estima que en el periodo 2021-2027 recibirá más de 45.000 millones de euros. Precisamente, según los últimos datos publicados, relativos a 2019, España recibió casi 6.900 millones de euros de fondos de la PAC (Fondo Europeo Agrícola de Garantía -FEAGA- y Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural -FEADER-), lo que supone casi el 12% del total de la UE, el porcentaje más elevado tras Francia. En torno a tres cuartas partes de esta cuantía son ayudas directas y alrededor de un 17% son fondos indirectos. ¿Qué se entiende por la PAC? La PAC es un conjunto de ayudas que se conceden a los países europeos para desarrollar su agricultura, hacerla más rentable y apoyar la renta de los agricultores. Esta política de la UE fue creada en 1962 y existen dos tipos, las ayudas directas a los agricultores y las ayudas indirectas a los mismos.

En la ilustración siguiente se puede observar la producción agrícola de algunas Comunidades Autónomas de España en el año 2020.



*Ilustración 2: Producción agrícola por Comunidades Autónomas*  
*Fuente: Elaboración propia, herramientas Excel y Canva.*

A continuación, se hará una breve descripción de la comunidad autónoma de Andalucía al ser la mayor productora agrícola. También mencionaremos a nuestra comunidad autónoma, Aragón y los productos más carismáticos de la zona. Por último, hablaremos de las Islas Baleares ya que es la comunidad autónoma que menor producción agrícola obtiene y a que puede ser debido este hecho.

### **2.2.1 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ANDALUCÍA**

Andalucía es la comunidad pionera en producción agrícola en 2020 con un porcentaje del 24,18%. Las actividades agroalimentarias de esta comunidad aportan entorno al 10% del Valor Añadido Bruto y del empleo regional, además, suponen el 40% del valor de las exportaciones regionales.

El principal cultivo de Andalucía es el olivo. Las plantaciones de este tipo de árbol ocupan más del 60% del cultivo de toda la comunidad. Dispone en total de 1'5 millones de hectáreas de plantaciones de olivo, las cuales producen cada año 1.400.000 millones de toneladas de aceite de oliva. La producción andaluza de aceite supone el 37% de la producción mundial de este producto, la mitad de la producción europea y el 80% de la producción española. La segunda plantación más extendida es el cereal, el algodón y el arroz. Este grupo conforma el 10% de la producción agrícola andaluza.

El tipo cultivo depende mucho de la zona geográfica y de la provincia. En Sevilla, Córdoba y Jaén la plantación dominante es el olivo, pero en Cádiz, por ejemplo, los cultivos principales son, además del olivo, el trigo y el algodón. En Huelva destaca la fresa y en Almería los productos de huerta, verduras y hortalizas principalmente. En Granada también destaca la plantación del olivo y en Málaga, además del olivo, también está creciendo mucho el cultivo de frutas exóticas en los últimos años.

### **2.2.2 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE ARAGÓN**

La comunidad autonómica de Aragón se sitúa en la posición quinta del ranking de producciones agrícolas de España con un porcentaje cercado al 9%.

El sector agrario en Aragón representa cerca del 7% del Valor Añadido Bruto de la región y ocupa más del 11% del empleo. En los valles, las principales producciones en regadío son cultivos herbáceos, frutas y hortalizas, y en secano cereales, almendra, vino y aceite.

El clima mediterráneo extremo, moderadamente cálido, seco y con inviernos frescos debido a la altitud, favorece el desarrollo de una vegetación idónea. A su vez, las sequías, la pluviometría con lluvias precisas y justas, y los suelos áridos y calizos hacen que Teruel sea la provincia española que más expectativas tiene en producción de la trufa negra de calidad.



*Ilustración 3: Trufa negra de Teruel*

Por otro lado, la provincia de Teruel destaca en la producción del Melocotón de Calanda con *Denominación de Origen Protegida* (DOP) ¿Qué es la DOP? Es un régimen de calidad de la Unión Europea dentro del ámbito de la propiedad industrial basados en la indicación de procedencia, aplicados a un producto alimenticio (generalmente de origen agrícola). En esta modalidad de protección, se asume que la calidad y características de un producto se deben, fundamental y exclusivamente, al medio geográfico en el que se produce, transforma o elabora.

El cultivo de melocotonero ocupa 3.400 hectáreas de las cuales 2.400 son de «Melocotón de Calanda», lo que representa el 70% de la superficie de esta especie frutal cultivada en la zona, indicando al mismo tiempo su importancia económica. Cabe destacar que cada melocotonero sano produce entre 45 y 50 kilos de fruta por cosecha, por ello, se puede calcular al alza que en un año de “buena cosecha” se podrían obtener aproximadamente 42.300.000 kilos de melocotón, ya que en cada hectárea se podría plantar entre 350 y 400 árboles de este frutal.



*Ilustración 4: Melocotón de Calanda*

### **2.2.3 COMUNIDAD AUTÓNOMA DE LAS ISLAS BALEARES**

Actualmente, buena parte de la actividad agraria en las Islas se mantiene gracias a las ayudas de la UE que canaliza la Conselleria d'Agricultura del gobierno balear. El hecho de recibir estas ayudas económicas para la actividad agraria se ha convertido en un rasgo característico y sintomático del campo balear en el contexto de la política agraria europea. Por tanto, conozcamos cuáles son las ayudas que han recibido.

Los distintos tipos de cultivos sobre los que declaran haber recibido subvenciones, son los cereales, el olivo, el almendro, el algarrobo, las patatas, el girasol. Aunque también las ayudas se extienden a la adquisición de maquinaria, la implantación de energías renovables, la incorporación de jóvenes agricultores, la adquisición de productos químicos (fungicidas y herbicidas), además de indemnizaciones para paliar los efectos de la sequía y las heladas.

En definitiva, la producción agrícola en las Islas Baleares se sustenta por las subvenciones recibidas, si no recibiesen tales ayudas posiblemente obtendrían peores valores en la producción.

### **3. MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA: MARCO TEÓRICO**

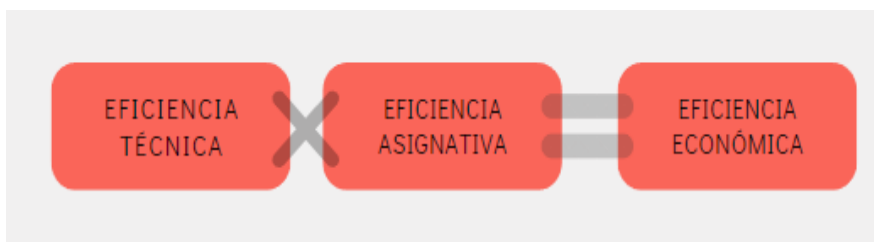
Para avalar el buen funcionamiento de una empresa, y asegurar que se maximizan los beneficios, es necesario de la planificación y estructuración del proceso productivo de forma que los costes sean mínimos, es decir, que la empresa sea económicamente eficiente. (Farrell, 1957), iniciador en los estudios de la eficiencia. El mismo, distingue dos componentes dentro de la eficiencia económica: la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa.

Desde el punto de vista del output, la eficiencia técnica puede definirse como la capacidad de la empresa para obtener una máxima cantidad de output posible con unos recursos (inputs) y una tecnología dada. Asimismo, desde el punto de vista del input, la eficiencia técnica trata de obtener una cantidad dada de output con la mínima cantidad posible de inputs.

La eficiencia asignativa es un componente específicamente económico, el cual hace referencia a la capacidad de una empresa para seleccionar aquella combinación de

factores que permita producir el nivel de output deseado (dentro de los técnicamente eficientes), al menor coste posible. Una empresa eficiente asignativamente no podrá disminuir sus costes de producción, sin alterar su nivel de producción.

La eficiencia económica es fruto de las dos anteriores, es decir, para que una empresa logre minimizar sus costes de producción se deben cumplir tanto la eficiencia técnica como la asignativa.



*Ilustración 5: Representación de EFICIENCIAS*

*Fuente: Elaboración propia, herramienta Canva*

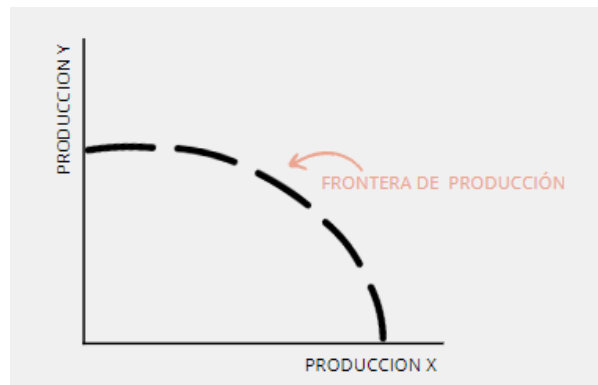
El comportamiento eficiente de las empresas de un sector económico se mide a través de una función de producción (eficiencia técnica) y una función de costes (eficiencia económica). No obstante, frecuentemente, dichas funciones son desconocidas por los investigadores, por ello Farrell (1957) proporcionó un método basado en la estimación de “Funciones Frontera” en él se trabajaba con la eficiencia en términos relativos.

El presente trabajo se centra en el análisis de la eficiencia técnica de las empresas del sector de la agricultura, en concreto, del subsector “cultivos perennes”. El método que se va a llevar a cabo para medir la eficiencia se basa en la estimación de una Frontera de Producción (FP) a partir de los datos de empresas españolas que se dedican a la agricultura de cultivos perennes.

La Frontera de Producción indica la cantidad máxima de producto que se puede producir, en función de la combinación de recursos que se haya utilizado. Las empresas situadas sobre la frontera de producción serán empresas económicamente eficientes, y serán las que estén produciendo la máxima cantidad de output posible para una combinación de factores y tecnología determinada. Por el contrario, aquellas empresas que permanezcan por debajo de la frontera de producción serán técnicamente ineficientes.

La distancia existente entre la frontera de producción y cada observación de producción ineficiente permitirá indicar el grado de ineficiencia, este grado de ineficiencia vendrá

dado por valores entre 1 y 0, por lo tanto, valores inferiores a uno indicaran siempre ineficiencia. En definitiva, la frontera de producción está compuesta por empresas eficientes con un índice de valor 1 y las empresas de la muestra que dispongan de un índice de 0,95 serán técnicamente ineficientes, es decir, serán empresas que estarán produciendo solamente un 95% del output que podrían fabricar utilizando unos recursos y una tecnología dada.



*Ilustración 6: Frontera de Producción*  
*Fuente: Elaboración propia, herramienta Canva*

La estimación de la frontera de producción se puede realizar a partir de métodos paramétricos o no paramétricos. Los *métodos paramétricos* establecen a priori la forma funcional de la frontera y su estimación se lleva a cabo con métodos econométricos. En cambio, los *métodos no paramétricos* no establecen a priori la forma funcional de la frontera y su estimación se lleva a cabo a través del Análisis Envolvente de Datos (DEA), este análisis está basado en programación matemática.

En el presente trabajo utilizaremos el método paramétrico para obtener la eficiencia en el sector de la agricultura de cultivos perennes en nuestro país. El método paramétrico presenta la posibilidad de realizar inferencia estadística y contrastes de hipótesis sobre los resultados obtenidos. Dentro del propio método podemos diferenciar los que siguen un enfoque determinista o un enfoque estocástico.

En el *enfoque determinista* considera que cualquier desviación que discrepe de la frontera está relacionada con ineficiencias por parte de la empresa, es decir, con una ineficiencia técnica. A consecuencia de ello, se ignora la posibilidad de que la empresa pueda verse afectada por ineficiencias debidas a factores que escapan de su control (como, por ejemplo, la climatología o decisiones tomadas en política).



Una función determinista se especifica como:

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

Donde el parámetro  $u$  es una perturbación aleatoria mayor o igual que cero, este parámetro mide la distancia de cada empresa a la frontera de producción, o sea, representa la ineficiencia. Asimismo, el parámetro  $q$  es la máxima cantidad de producto que puede fabricar la empresa,  $f(x)$ , menos un término de ineficiencia  $u$ . De forma que, todas empresas se encuentran en la frontera de producción o por debajo de la misma y nunca por encima.

Greene, WH (1993) realizó una crítica a este sistema citando que, toda desviación de la frontera se atribuye a la ineficiencia técnica y, cualquier equivocación en la especificación del modelo se confunde con ineficiencia.

Sin embargo, el *método estocástico* intenta resolver las imperfecciones del modelo determinista incorporando un término de error, al permitir que no toda desviación de la frontera de producción recaiga explicativamente sobre la ineficiencia técnica. El método estocástico fue propuesto por Aigner, Lovell y Smith (1977) y Meeusen y Van den Broeck (1977) independientemente. Tales autores consideraban que las empresas podían verse afectadas por más perturbaciones y no solo por la ineficiencia de la empresa. De modo que la función de producción queda definida como:

$$Q = f(x) + e, \text{ donde } e = v - u, \text{ con } v, u \geq 0$$

El término error  $e$  está formado por dos elementos. El componente  $v$  representa los posibles shocks exógenos que pueden ocurrir. El segundo componente  $u$  simboliza la ineficiencia técnica de los diferentes componentes de la muestra. Ambos son perturbaciones simétricas que se distribuyen como una normal de media 0 y varianza sigma cuadrado.

Para estimar una frontera estocástica es imprescindible especificar la forma funcional de la frontera de producción. Las formas funcionales más utilizadas en la literatura son la

Cobb-Douglas y la función Translog. Las dos funciones son lineales en parámetros y pueden estimarse por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO).

La función Cobb-Douglas se forma con logaritmos tanto de outputs como de inputs, su expresión se puede observar a continuación;

$$\ln y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n$$

Su uso presenta alguna ventaja, como la simplicidad para estimar las elasticidades del output con respecto a los inputs, y para calcular el tipo de rendimientos a escala sumando el coeficiente de los inputs. Sin embargo, presenta alguna desventaja como la homogeneidad de la función que puede restringir los resultados que se pueden obtener, puesto que las elasticidades de producción son constantes para toda la muestra de empresas y, la elasticidad de sustitución entre cualquier par de inputs es igual a 1.

La función Translog es la otra forma funcional más usada en los trabajos de estimación de frontera, fue propuesta por (Laurits R. Christensen, 1973). Consiste en una generalización de la función Cobb-Douglas a través de una aproximación de Taylor de segundo orden, y se puede expresar de la siguiente manera:

$$\ln y = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m$$

Esta forma funcional requiere de un mayor número de parámetros y una reformulación para poder interpretar los parámetros como elasticidades con respecto al output. Esta reformulación es sencilla ya que se trata de expresar todas las variables en diferencias con respecto a su media.

Puesto que ambas funciones pueden estimarse por MCO y son lineales en sus parámetros, y la forma funcional de Translog supera la restricción sobre las elasticidades de producción y sustitución, esta función será la seleccionada para nuestro análisis.

## 4. ANÁLISIS DE EFICIENCIA

### 4.1. FRONTERA DE PRODUCCIÓN

En el presente trabajo he utilizado el programa R Commander (R Development Core Team). Es uno de los lenguajes de programación más usados en investigaciones científicas, está diseñado para el análisis estadístico y la realización de gráficos. R se distribuye bajo la licencia GNU-GPL. Este programa nació a través de una reimplementación del software libre del lenguaje S, pero con un alcance estadístico diseñado por Robert Gentleman y Ross Ihaka.

Para la realización de este trabajo he utilizado el paquete “frontier”. Este paquete nos ofrece la estimación por máxima verosimilitud de modelos de frontera de producción estocástica.

La forma más adecuada de especificar una función de producción es en términos de unidades físicas, según la Teoría Económica. Puesto que esta información no está disponible habitualmente, el estudio sobre la eficiencia industrial se llevará a cabo empleando los valores monetarios de las diferentes variables. De acuerdo con esto, la función de producción que vamos a estimar queda formulada de la siguiente manera:

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

Donde V representan los ingresos de explotación de las empresas, L el gasto en mano de obra, K la dotación para la amortización de inmovilizado inmaterial, es decir, el capital de la empresa y MP representa el gasto en materias primas. Todas las variables están expresadas en miles de euros.

La información sobre estas cuatro variables en el sector de la agricultura en concreto en cultivos perennes ha sido obtenida de la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos). Esta base de datos es una herramienta diseñada para el análisis financiero y marketing estratégico de empresas y de autónomos. Fue elaborada por INFORMA y Bureau Van Dijk y permite obtener datos específicos de más de 2,5 millones de empresas nacionales desde el año 1990 hasta la actualidad.

La base de datos utilizada para este trabajo es un corte transversal de un total de 3136 observaciones que corresponden a todas empresas productoras de cultivos perennes en España con el código CNAE 012. (Agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con las mismas, centrándonos en el subsector “cultivos perennes”) que contiene información actualizada a partir del año 2019. De la muestra se han suprimido todas las empresas que no tenían actividad o hayan sido extinguidas a partir de ese año, así como las que presentasen incongruencias en los datos. A través de esta información muestral se ha llevado a cabo la estimación de la frontera estocástica con la función funcional Translog:

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

En la tabla 1 se presenta el resultado de la estimación, en ella podemos observar que todos los parámetros estimados tienen signos consistentes con la Teoría Económica y son individualmente significativos, al poseer p-valores inferiores al nivel de significación de 0,05. Esto nos está insinuando que existe una relación significativa entre los ingresos de explotación de las empresas y cada una de las 3 variables del análisis.

ESTIMACION DE LA FRONTERA DE PRODUCCIÓN					
	Estimate	Std.Error	Z Value	Pr (z)	
Intercept	2,685335	0,0697176	38,5173	< 2.2E-16	***
Capital	0,2672494	0,027883	9,5847	< 2.2E-16	***
Labour	0,232079	0,0289632	8,0129	1,12E-15	***
MP	0,2831519	0,0244694	11,5717	< 2.2E-16	***
I (0,5* Capital^2)	0,0765349	0,0109347	6,9993	2,57E-12	***
I (0,5* Labour^2)	0,1517802	0,0114032	13,3103	< 2.2E-16	***
I (0,5* MP^2)	0,131298	0,0071928	18,254	< 2.2E-16	***
I (Capital * Labour)	-0,0516203	0,0084912	-6,0793	1,21E-09	***
I (Capital * MP)	-0,0282533	0,0067905	-4,1607	3,17E-05	***
I (Labour * MP)	-0,0852762	0,0075531	-11,2903	< 2.2E-16	***
SigmaSq	0,8044627	0,0261155	30,8041	< 2.2E-16	***
Gamma	0,8929016	0,0081345	109,7673	< 2.2E-16	***

MEAN EFFICIENCY	0,5939762
-----------------	-----------

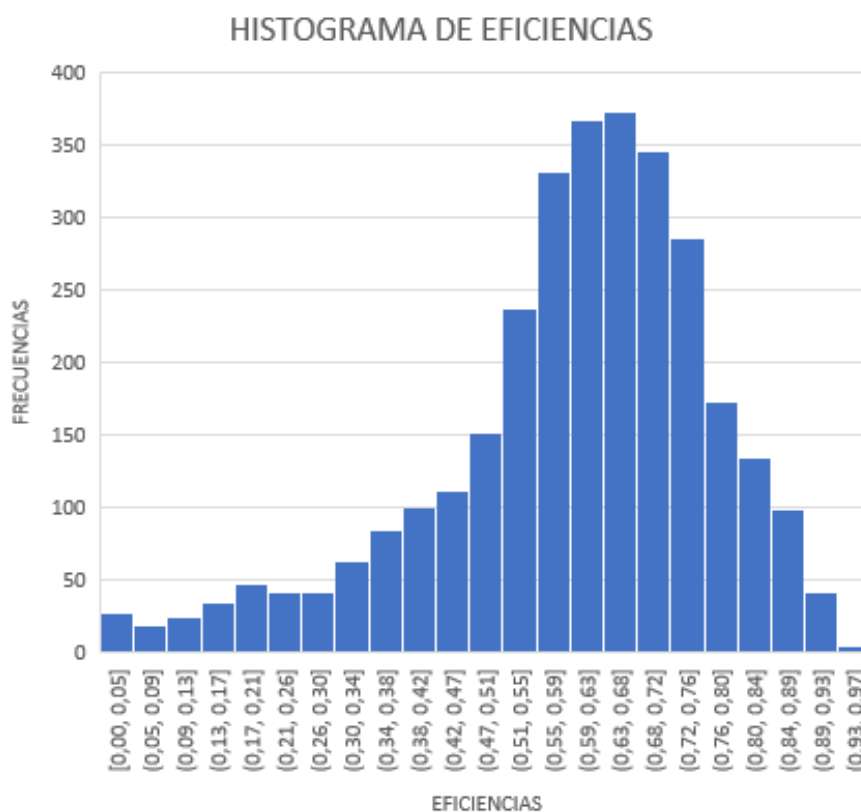
Tabla 1: Estimación Estocástica Frontera Translog  
Fuente: Elaboración propia, herramientas R y Excel

## 4.2 EFICIENCIA EN EL SECTOR DE CULTIVOS PERENNES EN ESPAÑA

A continuación, apoyándonos en la frontera de producción obtenemos el índice de eficiencia para cada una de las 3136 empresas que fabrican productos agrícolas en cultivos perennes en España.

Dentro de los resultados obtenidos, podemos observar que la eficiencia media de las 3136 empresas es muy baja, en concreto, 0,5939. Esto significa que, en media, las empresas españolas con los recursos que poseen pueden producir un 40,61% más de lo que están produciendo actualmente.

En la siguiente ilustración se observa que la mayoría de las empresas se encuentran en el rango de eficiencia de 0,38-0,89. Sin embargo, la mayor concentración de empresas se sitúa en el rango de eficiencia del 0,59-0,68 con un total de 739 empresas (el 23,56% del total), seguido del rango de 0,68-0,72 en el que se concentran 346 empresas del sector.



*Ilustración 7: Histograma de Eficiencia Translog  
Fuente: Elaboración propia, herramienta Excel*

Centrando el análisis en las empresas individuales, podemos mostrar el top 10 de las empresas más eficientes y menos eficientes de la muestra de nuestro país (Tablas 2 y 3).

EMPRESAS MAS EFICIENTES	EFICIENCIA	COMUNIDAD AUTONOMA
MAGALLANES RURAL BUSINESS SL.	0,9448	Madrid
GF LA JORDANA SL	0,9415	Comunidad Valenciana
CLEMENTORRE SOCIEDAD LIMITADA.	0,9367	Comunidad Valenciana
EXPLOTACIONES GODOY SUAREZ SOCIEDAD LIMITADA.	0,9349	Canarias
EXPLOTACIONES AGRICOLAS EBROZARA SL	0,9290	Navarra
AGRICULSO SL	0,9252	Canarias
AGRICOLA FRUTA DULCE SL	0,9194	Murcia
CITRICOS DAYPE S.L.	0,9176	Murcia
FINCA EL PE-ON SOCIEDAD LIMITADA.	0,9167	Andalucia
HACIENDA SANTA CLARA SL.	0,9153	Andalucia

*Tabla 2: Empresas más eficientes del sector agrícola  
Fuente: Elaboración propia, herramienta Excel*

Observamos la gran diversidad en la procedencia entre las 10 empresas más eficientes, con lo cual, no podemos establecer un patrón en el origen de las más eficientes. Las 10 empresas más eficientes muestran un índice superior al 0,91. La empresa más eficiente de la muestra en España es Magallanes Rural Business SL, se encuentra ubicada en calle Conde de Aranda, 20 – Piso 5 Izquierda, Madrid, 28001, Madrid, cuenta con 4 años de antigüedad. Su actividad principal se ubica dentro 0126- Cultivo de frutos oleaginosos. Tiene un modelo de sociedad limitada unipersonal y posee una franja de ventas entre 300 y 600 mil euros.

En segunda posición se encuentra Finca el Peñón Sociedad Limitada, con un índice de 0,9167, situada en Sevilla (Andalucía). Esta empresa se dedica al cultivo de frutas secas especias y cultivos para bebidas (CNAE: 0125- Cultivo de otros árboles y arbustos frutales y frutos secos). Su facturación anual es menos de 2 millones de euros y cuenta con un número inferior a 5 empleados en su plantilla laboral. En tercera posición se presenta la empresa Clementorre Sociedad Limitada, la cual posee un índice de 0,9367, se trata de una microempresa localizada en Calle de L'estret, 8, Alginet, 46230, Valencia, con 23 años de antigüedad. Su actividad es el cultivo de frutos tropicales y subtropicales (CNAE: 0122) y obtiene unas ventas anuales inferiores a 500.000 euros.

Por último, entre las 10 empresas más eficientes no encontramos a ninguna sociedad que pertenezca a la comunidad autónoma de Aragón.

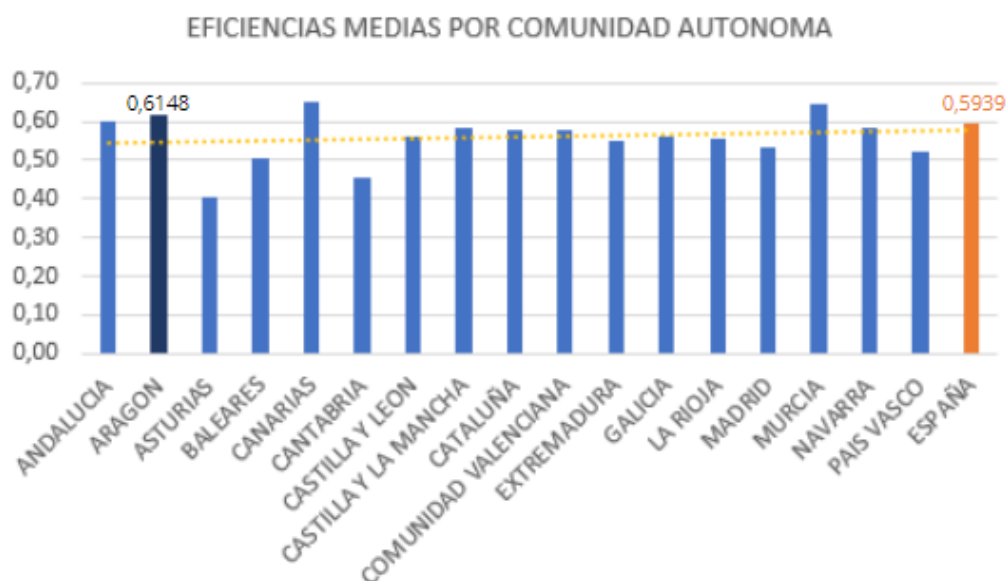
EMPRESAS MENOS EFICIENTES	EFICIENCIA	COMUNIDAD AUTONOMA
ALMENDROS DEL ALAGON SL.	0,0038	Madrid
AGRO ANGELES Y MANUEL SL.	0,0078	Andalucia
LIBRE Y SALVAJE SOCIEDAD LIMITADA.	0,0079	Aragón
AGRICOLA PANTANILLO SL.	0,0082	Andalucia
DIVEPER INVESTMENT SOCIEDAD LIMITADA.	0,0090	Comunidad Valenciana
POMES DEL CADI SL.	0,0101	Cataluña
SUNNY SIGHTS ZENETE SL	0,0138	Madrid
ZARZAFRUIT SL.	0,0155	Comunidad Valenciana
FINCA LA GUAPA SL.	0,0175	Canarias
AITONA D'AGRICULTURA S.L.	0,0181	Cataluña

*Tabla 3: Empresas más ineficientes en el sector agrícola  
Fuente: Elaboración propia, herramienta Excel*

La empresa más ineficiente de la muestra es la pequeña empresa madrileña Almendros del Alagón SL., localizada en Calle Felipe V, 9, 5 Izquierda. 28013, Madrid (Madrid). En 2020 disponía de 2 trabajadores y obtiene una facturación inferior a 300.000 euros. La empresa es relativamente joven ya que fue creada hace 3 años.

A diferencia de las empresas más eficientes, en estas sí que encontramos una empresa situada en la comunidad autónoma de Aragón, es la empresa Libre y Salvaje Sociedad Limitada localizada en Calle Camino del Bosque 2, Almonacid de la Sierra, 50108, Zaragoza. Fue constituida en 2018 y en el año 2020 disponía de un empleado. El importe máximo de ventas que han llegado a obtener es de 250.000 euros.

Seguidamente, se realizará una comparativa entre Comunidades Autónomas, para analizar que comunidades son más eficientes en media.



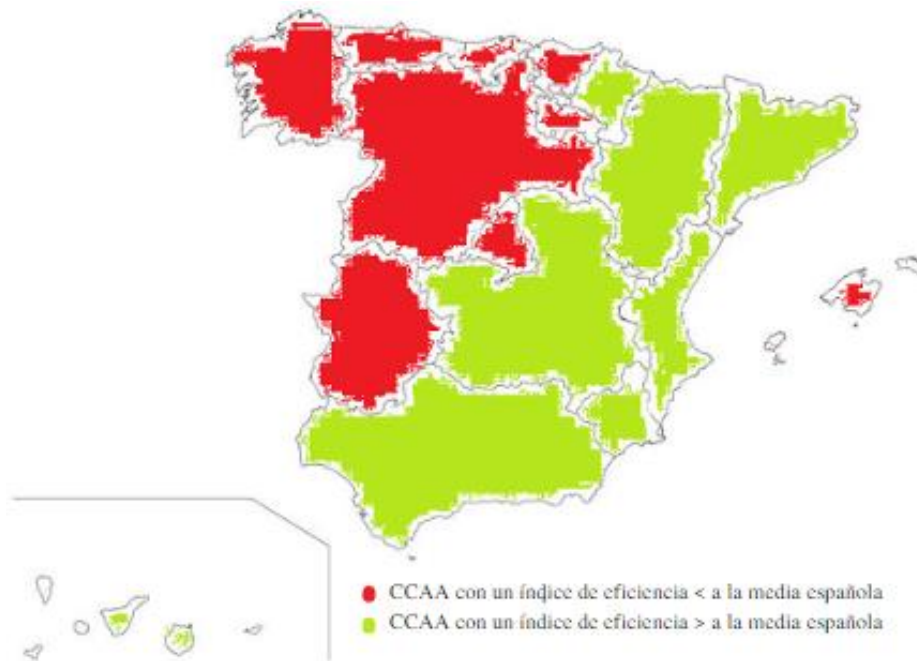
*Ilustración 8: Eficiencia Medias por Comunidad Autónoma*  
*Fuente: Elaboración propia, herramienta Excel*

Observamos que la comunidad autónoma de Aragón se encuentra muy cerca de la media española, superando a esta con un índice de 0,6148. La comunidad autónoma más eficiente del sector de la agricultura de cultivos perennes es Canarias con un índice de 0,6507, muy cercado al 0,7. Sin embargo, la comunidad autónoma menos eficiente en dicho sector es Asturias, con un índice de 0,4059.

Las comunidades autónomas más eficientes son, por este orden, Canarias, Murcia, Aragón, Andalucía, todas ellas se sitúan por encima de la media española y pertenecen al sureste de la península. En el lado contrario se encuentran las comunidades autónomas de Asturias, Cantabria, Baleares, País Vasco, Madrid, entre otras, situadas al noroeste de la península.

A continuación, he elaborado un mapa geográfico por Comunidades Autónomas, donde podemos observar las diferencias en eficiencia con mayor claridad. El color verde representa las CCAA con un índice de eficiencia mayor a la media española, por el contrario, el color rojo refleja las CCAA con un índice menor a la media española.





*Ilustración 9: Mapa de eficiencias por CCAA  
 Fuente: Elaboración propia, herramienta Paint*

Las razones que pueden explicar las diferencias en eficiencia entre el noroeste y el resto de España.

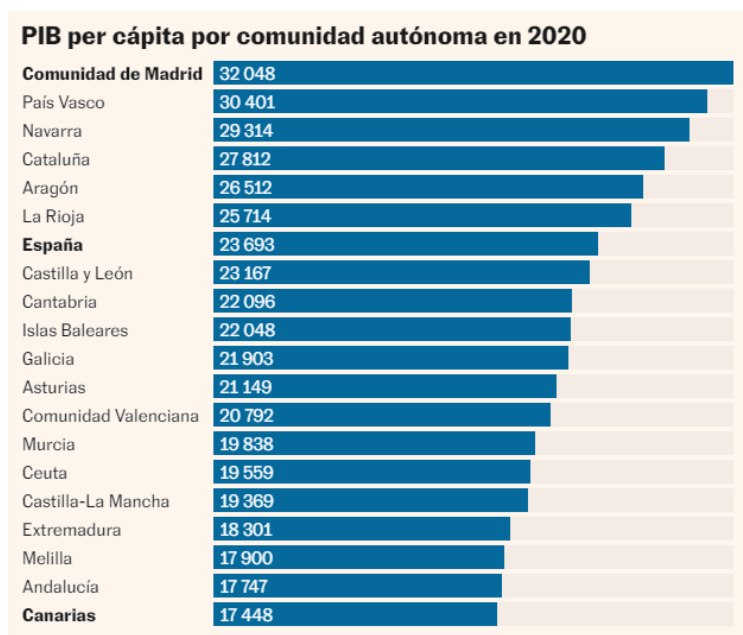
En primer lugar, el clima en España es muy diverso según la ubicación. En la cornisa cantábrica, por ejemplo, las precipitaciones predominan más en invierno, en áreas próximas al mediterráneo destacan en otoño y en el interior del país se producen con más frecuencia en primavera e invierno.

La agricultura de cultivos perennes necesita de poca agua para su actividad, por lo tanto, en zonas próximas al mediterráneo que son en nuestro estudio las zonas de mayor eficiencia predominan las precipitaciones únicamente en una estación del año, es decir, no se da mucha afluencia de agua, lo cual eso es beneficio para el cultivo que estamos tratando. De igual manera, en el norte del país prevalecen mayores lluvias, por esta razón estas zonas pueden ser menos eficientes. La eficiencia en distintas zonas geográficas también puede verse afectada por la configuración del relieve o por la temperatura. La temperatura óptima para los cultivos de hueso y pepita debe oscilar entre los 15-20 °C, en cambio, para los cultivos cítricos entre 23-34 °C, con estas temperaturas la planta puede crecer adecuadamente y dar su fruto. La temperatura media en el sur del país es de 15 grados, por lo tanto, se asemeja a grados óptimos, por ello, una de las zonas más eficiente

en nuestro estudio se sitúa en el sur de la península. La temperatura media en el norte del país es de 12,5 grados, lo cual nos indica que no es una eficiencia óptima, por tanto, estas zonas en nuestro estudio son menos eficientes.

En segundo lugar, la diferencia en la renta de los individuos/empresas también puede relacionarse con las zonas más eficientes y menos eficientes de nuestro país, ya que, por ejemplo, aquellas empresas con mayor poder adquisitivo probablemente puedan invertir más en; maquinaria, compra de terrenos, nuevas técnicas de regadío, pesticidas, fertilizantes, entre otras cosas. Por lo tanto, a través del Producto Interior Bruto per cápita (PIB per cápita) que es un indicador económico que mide la relación existente entre el nivel de renta de un país y su población, vamos a poder medir que zonas geográficas son más ricas en España.

Las comunidades autónomas de España con mayores PIB per-capitas tienen una base más amplia para impulsar el desarrollo de su población. A continuación, ofrezco el gráfico sobre el PIB per cápita de España por comunidades en 2020 elaborado con los datos del INE. En este caso, observamos que las comunidades autónomas de Madrid, País Vasco, Navarra, La Rioja poseen mayores rentas per-capitas, con lo cual podrían invertir más en su actividad laboral y ser más eficientes. Sin embargo, observamos que no es el caso en nuestro estudio, ya que estas zonas geográficas son menos eficientes.



*Ilustración 10: PIB per cápita (€) por CCAA en 2020  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística*

Otras razones que no están claras para explicar las diferencias entre las eficiencias de distintas regiones geográficas podrían ser: los hábitos en la dieta de los consumidores y la tecnología empleada. Por lo tanto, en el siguiente apartado del presente trabajo se evaluará la siguiente pregunta: ¿La eficiencia de las empresas depende del grado de automatización?

## 5. EFICIENCIA Y GRADO DE AUTOMATIZACIÓN

Partiendo de los resultados obtenidos sobre la eficiencia en el apartado anterior, comenzaremos formulando un modelo econométrico para analizar la relación entre el grado de eficiencia de las empresas y su grado de automatización (GA).

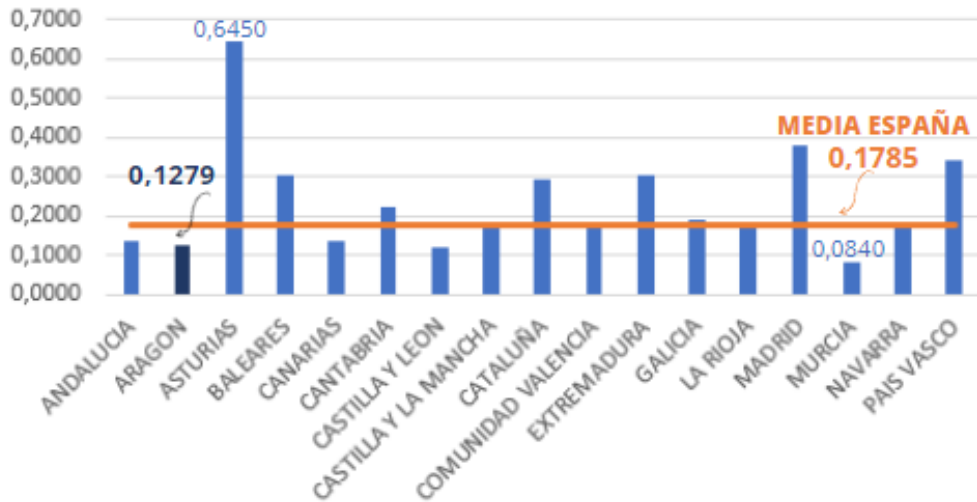
Antes de comenzar el análisis econométrico conviene aclarar que el objetivo de este punto no es construir un modelo que explique en global el grado de eficiencia de las empresas, porque queda fuera del alcance del trabajo.

Para medir el grado de automatización usare como proxy la variable: Capital utilizado (K) / nivel de ventas (V) donde el capital utilizado se mide con el valor de la amortización. Un mayor valor relativo de esta variable refleja el hecho de que, comparando con otras empresas del sector, una empresa utiliza más intensivamente la maquinaria en su proceso productivo. En términos formales, el modelo a estimar econométricamente adopta la siguiente forma:

$$E = f(GA), \text{ donde } GA = K / V.$$

A continuación, la empresa que posee mayor grado de automatización de toda la muestra es POMES DEL CADI SL. y pertenece a la comunidad autónoma de Cataluña. Aun así, Cataluña no es la comunidad autónoma con mayor grado medio de automatización, ya que es Asturias. Por otro lado, la empresa que menor grado de automatización posee es YAN SUCCESS, S.L. y se ubica en Murcia. El grado medio de automatización de las 3136 empresas españolas del sector de cultivos perennes es de 0,1785. En la siguiente ilustración podemos observar que siete de las comunidades autónomas están por encima de la media española, sin embargo, Aragón no pertenece a esta clasificación, ya que dispone de un grado medio de automatización del 0,1279.

## GRADO MEDIO DE AUTOMATIZACION POR CCAA



*Ilustración 11: Grado medio de automatización por CCAA  
Fuente: Elaboración propia, Herramienta Excel y Canva*

Antes de proceder a la estimación, en primer lugar, aclararemos que entendemos por econometría. Según el economista francés Malinvaud (1966) «El arte del econométra consiste en encontrar el conjunto de supuestos que sean suficientemente específicos y realistas, de tal forma que le permitan aprovechar de la mejor manera los datos que tiene a su disposición». Por otro lado, según el economista y matemático G.S Maddala (1996) es «la aplicación de métodos estadísticos y matemáticos al análisis de datos económicos con el propósito de dar contenido empírico a las teorías económicas y verificarlas o refutarlas».

La principal finalidad de la econometría es explicar una variable endógena en función de otras exógenas. Una variable endógena se explica dentro de un modelo económico a partir de sus relaciones con las demás variables (que a su vez pueden ser endógenas o exógenas). En cambio, una variable exógena se explica fuera del modelo, es decir, el modelo las tiene en cuenta como fijas, manteniendo siempre el mismo valor.

En primer lugar, plantearemos un modelo de regresión lineal. La expresión expresada en forma matricial es la siguiente:

$$\mathbf{E} = \beta_1 + \beta_2 \mathbf{GA} + \mathbf{u}$$

Donde la variable dependiente  $E$  es la eficiencia de las empresas,  $\beta_1$  es el término constante de la regresión,  $\beta_2$  es el término que acompaña a la variable  $GA$ , siendo la variable que deseamos estudiar, en nuestro caso, es el grado de automatización y, por último,  $u$  es una perturbación y se conoce como el término de error de la regresión.

El modelo descrito se estima por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) dando lugar a los siguientes resultados:

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-3136

Variable dependiente: E

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.606653	0.00303659	199.8	0.0000	***
GA	-0.0710116	0.00352653	-20.14	6.66e-085	***
Media de la vble. dep.	0.593976	D.T. de la vble. dep.	0.176760		
Suma de cuad. residuos	86.72973	D.T. de la regresión	0.166354		
R-cuadrado	0.114558	R-cuadrado corregido	0.114275		
F(1, 3134)	405.4752	Valor p (de F)	6.66e-85		
Log-verosimilitud	1176.046	Criterio de Akaike	-2348.093		
Criterio de Schwarz	-2335.991	Crit. de Hannan-Quinn	-2343.750		

Tabla 4: Modelo 1 – MCO

Fuente: Elaboración propia, herramienta Gretl.

Con el fin de verificar si la relación entre las variables es significativa, se debe analizar si los coeficientes del modelo son estadísticamente significativos a través de la elaboración de contrastes de hipótesis sobre estos parámetros. Antes de esto, resulta necesario comprobar si se cumple la hipótesis de homocedasticidad (o si existe heterocedasticidad).

La heterocedasticidad se produce cuando las varianzas de las perturbaciones ( $u$ ) no son constantes a lo largo de las observaciones, y, por tanto, la variabilidad es diferente para cada observación. Las principales causas de la existencia de heterocedasticidad son:

- Los estimadores del modelo econométrico no deben ser ELIO ni eficientes.
- El estimador MCO de  $\sigma^2$  será sesgado y como consecuencia de ello se obtendrán unos estimadores sesgados de las varianzas y las covarianzas de los estimadores MCO de los parámetros de posición.

- Carece de validez el uso de los estadísticos habituales de t y F para contrastes de hipótesis.

El incumplimiento del supuesto básico de homocedasticidad tiene implicaciones directas negativas en el modelo clásico de la regresión lineal, por ello, es importante detectarlo. Conocemos diversos métodos para identificar este problema, en este trabajo utilizaremos los contrastes de White y Breusch-Pagan.

El *contraste de White* es el más general para detectar este tipo de problemas en un modelo econométrico. Consiste en la aplicación de una regresión lineal múltiple para explicar los residuos al cuadrado en función de la variable explicativa y los productos cruzados de la misma. Como en todos los contrastes, existen las hipótesis nulas y las alternativas, en nuestro caso son las siguientes respectivamente:

H<sub>0</sub>: Homocedasticidad.

H<sub>1</sub>: Heterocedasticidad.

Contraste de heterocedasticidad de White  
MCO, usando las observaciones 1-3136  
Variable dependiente: uhat^2

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.0244240	0.000809188	30.18	6.66e-176 ***
GA	0.0126434	0.00202870	6.232	5.21e-010 ***
sq_GA	0.00131506	0.000107114	12.28	7.12e-034 ***

R-cuadrado = 0.348773

Estadístico de contraste: TR^2 = 1093.751500,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(2) > 1093.751500) = 0.000000

Tabla 5: Contraste de heterocedasticidad de White – Modelo 1  
Fuente: Elaboración propia, herramientas Gretl y Canva

Observamos que no se acepta la hipótesis nula del contraste, es decir, se acepta la hipótesis alternativa, con lo cual, existe problemas de heterocedasticidad de los residuos en la regresión, debido a que el p-valor es 0,000000 y por tanto es menor que el nivel de significatividad del 0,05.

A continuación, veamos que sucede con el contraste de Breusch-Pagan. Este contraste es un modelo de regresión lineal cuya función es analizar si la varianza estimada de los residuos de una regresión depende de los valores de las variables independientes. Las hipótesis nula y alternativa del contraste son las siguientes:

$H_0$ : Homocedasticidad

$H_1$ : Heterocedasticidad

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan  
MCO, usando las observaciones 1-3136  
Variable dependiente: uhat^2 escalado

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.774122	0.0285373	27.13	9.62e-146 ***
GA	1.26528	0.0331416	38.18	3.16e-262 ***

Suma de cuadrados explicada = 3562.42

Estadístico de contraste: LM = 1781.212411,  
con valor p = P(Chi-cuadrado(1) > 1781.212411) = 0.000000

*Tabla 6: Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan - Modelo 1*  
*Fuente: Elaboración propia, herramientas Gretl y Canva*

Con el presente contraste, de nuevo se observan problemas de heterocedasticidad, ya que el p-valor es de 0,00000 siendo inferior al nivel de significatividad del 0,05, por consiguiente, rechazamos la hipótesis nula de homocedasticidad y aceptamos la alternativa de heterocedasticidad.

En definitiva, ambos contrastes han presentado problemas de heterocedasticidad, con lo cual una posible solución a dicho problema es estimar el modelo por mínimos cuadrados ordinarios con la utilización de desviaciones típicas robustas. La estimación robusta es una forma de análisis de la regresión diseñada para eludir algunas limitaciones tradicionales que poseen los métodos paramétricos.

La regresión que aplica desviaciones típicas robustas es la siguiente:

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-3136  
 Variable dependiente: E  
 Desviaciones típicas robustas ante heterocedasticidad, variante HCl

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	0.606653	0.00385941	157.2	0.0000	***
GA	-0.0710116	0.0177642	-3.997	6.55e-05	***
Media de la vble. dep.	0.593976	D.T. de la vble. dep.	0.176760		
Suma de cuad. residuos	86.72973	D.T. de la regresión	0.166354		
R-cuadrado	0.114558	R-cuadrado corregido	0.114275		
F(1, 3134)	15.97964	Valor p (de F)	0.000066		
Log-verosimilitud	1176.046	Criterio de Akaike	-2348.093		
Criterio de Schwarz	-2335.991	Crit. de Hannan-Quinn	-2343.750		

*Tabla 7: Modelo 2 - MCO con Desviaciones Típicas Robustas  
 Fuente: Elaboración propia, herramienta Gretl*

Se observa que el modelo estimado con desviaciones típicas robustas mejora ante la sospecha de autocorrelación y ofrece un resultado en el que los dos parámetros son significativos al 5% y la variable independiente GA tiene una influencia negativa y significativa con respecto a la eficiencia. Esto significa que sí existe evidencia econométrica de que haya diferencias significativas en la eficiencia en relación con el grado de automatización, como la hipótesis inicial descriptiva suponía. Además, llegamos a la conclusión de que un mayor grado de automatización de las empresas, reduce el nivel de eficiencia. Es decir, los procesos productivos intensivos en maquinaria pueden reducir la eficiencia de las empresas.

## **6. EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS ARAGONESAS**

En este apartado nos centraremos en estudiar con más detalle la eficiencia de las empresas aragonesas y en analizar cómo la localización de las empresas en las diferentes provincias de la comunidad autónoma de Aragón puede afectar a su eficiencia.



## 6.1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR EN ARAGÓN

En referencia a las empresas aragonesas, en media la comunidad autónoma se encuentra por encima de la media del país, si se analizan las 155 empresas del sector de forma individual, los resultados no son tan positivos.

La empresa aragonesa con el índice de eficiencia más alto es Monte Barrau Sociedad Limitada, su índice es de 0,8625, y está situada en un pueblo de la provincia de Huesca llamado Binaced. La empresa Monte Barrau S.L. ocupa el puesto 100 en el ranking nacional. Es decir, es la única empresa aragonesa que está en el top 100 de empresas más eficientes.

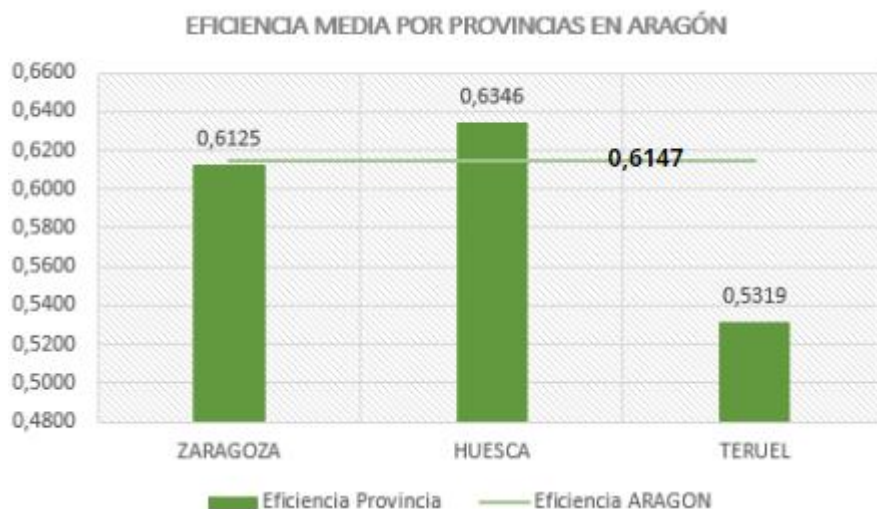
Por otra parte, la empresa Libre y Salvaje Sociedad Limitada, localizada en un pueblo de la provincia de Zaragoza que se llama Almonacid de la Sierra, es la empresa más ineficiente de todo Aragón y es la tercera empresa más ineficiente de toda la muestra española. Cuenta con un índice de 0,007928.

Si centramos la búsqueda en Aragón y la desintegramos en las tres provincias (Zaragoza, Huesca y Teruel) observamos que, de las diez empresas más eficientes del sector, ninguna es turolense. Dicho de otro modo, cinco de las empresas más eficientes se encuentran en la provincia de Zaragoza y las otras cinco en la provincia de Huesca, lo cual podría sugerir un patrón geográfico de eficiencias.

Empresas	Eficiencia	Localizacion	Provincia	Comunidad
MONTE BARRAU SOCIEDAD LIMITADA.	0,8625	BINACED	Huesca	Aragón
CAMPO LUENGO SOCIEDAD LIMITADA.	0,8482	Z Aidin	Huesca	Aragón
AGRICOLA SARRAU SL	0,8431	FRAGA	Huesca	Aragón
SITIOPERA SOCIEDAD LIMITADA.	0,8385	CASPE	Zaragoza	Aragón
ALDEA AGRICOLA SOCIEDAD LIMITADA.	0,8226	CALATAYUD	Zaragoza	Aragón
SAT 76-ARA BERDEJO	0,8208	UTEBO	Zaragoza	Aragón
FRUTAS UNISA SL.	0,7999	VELILLA DE CINCA	Huesca	Aragón
SARRASECA SL	0,7967	FRAGA	Huesca	Aragón
HILLS OF SPAIN SL	0,7962	ZARAGOZA	Zaragoza	Aragón
ZC FRUITS 2018 SOCIEDAD LIMITADA.	0,7911	MEQUINENZA	Zaragoza	Aragón

*Tabla 8: Empresas más eficientes del sector agrícola en Aragón  
Fuente: Elaboración propia, herramienta Excel*

Para finalizar este apartado, se presentan las eficiencias medias de las diferentes provincias de Aragón. Se observa que tanto Zaragoza como Huesca se encuentran entorno a la media de la comunidad autónoma de Aragón, siendo esta muy similar a la media española (0,5940). Sin embargo, Teruel es la provincia que más se aleja de la media, además su desviación respecto a la media es mínima, entorno a un 0,08, por lo que no podemos obtener conclusiones muy significativas.



*Ilustración 12: Eficiencia media provincias de Aragón*  
*Fuente: Elaboración propia, herramientas: Datos R, Excel y Canva*

## 6.2. EFICIENCIA Y LOCALIZACIÓN

En esta parte del trabajo se plantea evaluar cómo puede afectar el estar situado en una de las tres provincias aragonesas a la eficiencia del sector agrícola de cultivos perennes en Aragón, así como las implicaciones que esto puede acarrear. Para ello formularemos un modelo econométrico que relacione estas tres variables con la eficiencia. Es decir, en este caso concreto se desea observar si existe una relación entre la eficiencia de una empresa (variable dependiente) y la localización de esta dentro de la comunidad autónoma de Aragón (variables independientes).

La ciudad de Zaragoza está rodeada de cuatro ciudades muy importantes de España (Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao) eso le permite desarrollar ventajas competitivas, así como alcanzar un mayor grado de especialización productiva frente a las otras dos

capitales de la comunidad Autónoma. Asimismo, Zaragoza posee el segundo aeropuerto que más mercancía distribuye de España y la conexión es directa con el puerto de Barcelona, de tal forma que su posición exportadora/importadora (tanto nacional como internacional) podría ser más eficiente frente a Huesca y a Teruel.

A continuación, vamos a comprobar, a través del estudio econométrico, si estas hipótesis se ciñen a la realidad. Por lo tanto, estimamos un modelo econométrico con variables ficticias, porque las mismas tratan la información cualitativa de forma óptima. Toman valor 0 y 1, a la hora de definir la variable es importante decidir a qué acontecimiento se le asigna cada valor, por ello, la variable ficticia tomara el valor 1 cuando la empresa se ubique dentro de la provincia de la variable y el valor 0 significara lo contrario, es decir, cuando la empresa no se ubique dentro de la provincia de la variable. En definitiva, las variables que vamos a utilizar para llevar a cabo el modelo son las siguientes:

1. E: Eficiencia de cada empresa de la agricultura de Cultivos Perennes de Aragón.
2. Z: Empresas situadas dentro de la provincia de Zaragoza.  
(1 = SÍ están en la provincia de Zaragoza, 0 = NO están en la provincia en Zaragoza)
3. H: Empresas situadas dentro de la provincia de Huesca.  
(1 = SÍ están en la provincia de Huesca, 0 = NO están en la provincia en Huesca)
4. T: Empresas situadas dentro de la provincia de Teruel.  
(1 = SÍ están en la provincia de Teruel, 0 = NO están en la provincia en Teruel)

Para poder estimar correctamente el modelo no se incluye una de las tres variables explicativas porque esto daría lugar a la multicolinealidad exacta, es decir, la correlación entre las variables independientes sería 1 y no se podrían evaluar ni medir los efectos. Por matizar, la multicolinealidad exacta se produce cuando más de dos variables independientes son combinación lineal de otras variables independientes.

Por ello, en el caso que nos ocupa descartaríamos la capital aragonesa y relacionaríamos la eficiencia de todas las empresas de Aragón con las otras 2 variables independientes (empresas situadas en la ciudad de Huesca y las empresas situadas en la ciudad de Teruel). El modelo econométrico que se plantea es el siguiente:

$$\text{Modelo 1. } A = \beta_1 + H\beta_2 + T\beta_3 + u$$

Donde  $\beta_1$  es el termino constante de la regresión y  $u$  es el termino de error, es decir, una perturbación no observable.

El modelo se ha estimado por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y se han encontrado los siguientes resultados:

Variable dependiente: E

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	-0.282463	0.427261	-0.6611	0.5331
H	0.920950	0.515401	1.787	0.1242
T	0.431626	0.439957	0.9811	0.3644
Media de la vble. dep.	0.551298	D.T. de la vble. dep.	0.196242	
Suma de cuad. residuos	0.185797	D.T. de la regresión	0.175972	
R-cuadrado	0.396936	R-cuadrado corregido	0.195914	
F(2, 6)	1.974595	Valor p (de F)	0.219326	
Log-verosimilitud	4.691012	Criterio de Akaike	-3.382025	
Criterio de Schwarz	-2.790351	Crit. de Hannan-Quinn	-4.658855	

Tabla 9: Modelo 1. MCO

Fuente: Elaboración propia, herramienta Gretl

De nuevo, utilizaremos El *contraste de White* para comprobar la presencia de heterocedasticidad. Las hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : Homocedasticidad

$H_1$ : Heterocedasticidad

Contraste de heterocedasticidad de White  
MCO, usando las observaciones 1-9  
Variable dependiente: uhat^2

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	0.475784	0.381582	1.247	0.3009
H	-0.994021	0.915110	-1.086	0.3569
T	-0.345485	0.533294	-0.6478	0.5633
sq_H	0.506357	0.546674	0.9263	0.4226
X2_X3	0.424430	0.696331	0.6095	0.5852
sq_T	0.0283673	0.490565	0.05783	0.9575

R-cuadrado = 0.688581

Estadístico de contraste:  $TR^2 = 6.197233$ ,  
con valor p =  $P(\text{Chi-cuadrado}(5) > 6.197233) = 0.287498$

Tabla 10: Contraste de heterocedasticidad de White – Modelo 1  
Fuente: Elaboración Propia, herramientas Gretl y Canva

En la tabla número 10 observamos la aceptación de la hipótesis nula del contraste, es decir, hay homocedasticidad de los residuos en la regresión. Y, por lo tanto, se rechaza la hipótesis alternativa eso da lugar a que no existirán problemas de heterocedasticidad, ya que el p-valor es 0,287498 y es mayor que el nivel de significatividad del 0,05.

Por otro lado, utilizaremos una vez más, el *Contraste de Breusch-Pagan*. Las hipótesis nula y alternativa son las siguientes:

$H_0$ : Homocedasticidad

$H_1$ : Heterocedasticidad

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan  
MCO, usando las observaciones 1-9  
Variable dependiente: uhat^2 escalado

	coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	6.36951	1.85739	3.429	0.0140 **
H	-6.08397	2.24056	-2.715	0.0349 **
T	-2.59107	1.91258	-1.355	0.2243

Suma de cuadrados explicada = 5.13693

Estadístico de contraste:  $LM = 2.568467$ ,  
con valor p =  $P(\text{Chi-cuadrado}(2) > 2.568467) = 0.276863$

Tabla 11: Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan - Modelo 1  
Fuente: Elaboración propia, herramientas Gretl y Canva

En el contraste de Breusch-Pagan observamos como se acepta la hipótesis nula y, por lo tanto, no existen problemas de heterocedasticidad. En este caso el p-valor es un poco inferior al contraste de White siendo un  $0,276863 > 0,05$  (nivel de significatividad).

Si hubiesen existido problemas de heterocedasticidad en alguno de los contrastes realizados anteriormente (White o Breusch-Pagan), una manera de haber acabado con el problema hubiese sido utilizar el método de las desviaciones típicas robustas, no es nuestro caso. Por ello, nos quedamos con el modelo de mínimos cuadrados ordinarios sin aplicar desviaciones típicas robustas (tabla 9) donde observamos que localizar una empresa en Teruel tiene una influencia menor que ubicarla en la provincia de Huesca sobre la eficiencia. Además, observamos que las variables son no-significativas (al 5% de significatividad), lo cual significa que no existe evidencia econométrica de que existan diferencias significativas en la eficiencia en relación con su localización dentro de la comunidad aragonesa, como suponíamos en la hipótesis inicial

## **7. CONCLUSIONES**

El presente trabajo comienza con una descripción del sector de la agricultura de cultivos perennes tanto a nivel mundial como nacional, analizando sus principales datos económicos dentro de la industria y los patrones de ubicación geográfica en España y Aragón. Posteriormente, con los datos sustraídos de la base de datos SABI, hemos estimado una frontera estocástica para calcular los índices de eficiencia de las empresas dedicadas a la producción de cultivos perennes en España.

Partiendo de este análisis, hemos llevado a cabo un análisis econométrico sencillo para averiguar si existe alguna relación entre la eficiencia de las empresas y su grado de automatización.

Para finalizar el trabajo, nos hemos centrado en la eficiencia de las empresas aragonesas, y hemos analizado sí existe una relación entre eficiencia y localización.

Las principales conclusiones que se pueden extraer del trabajo son las siguientes:

- La industria de la agricultura tiene gran importancia ya que, no solo proporciona alimentos y materias primas, sino que también satisface las

necesidades básicas de la ciudadanía, además de ofrecer empleo a gran parte de la población.

- España en términos de agricultura es muy destacada por su extensa superficie, por su volumen de producción y por sus numerosas exportaciones. En cuanto a las exportaciones España se sitúa en la octava posición alimentaria del mundo.
- La gran expansión del sector agrícola ha sido posible gracias a la incorporación de nuevas técnicas y maquinarias pesadas a los procesos productivos, así como, la organización del trabajo. Tal expansión se ha realizado de la mano de sustancias químicas fitosanitarias para acabar con plagas y/o enfermedades.
- En el año 2020, los principales productores de agricultura estaban localizados en Asia y su producción representaba un 67,2% de la producción total. Sin embargo, España se situaba en la decimosexta posición con una producción de 1,5%.
- En 2016, la principal región consumidora de agricultura era la Unión Europea con un consumo por encima del 43% sobre la producción total.
- España entre los países desarrollados, es uno de los que más ha aumentado la producción agrícola en los últimos años y es el que mayor territorio destina a este sector. Sin embargo, el envejecimiento de la población agraria, la presencia de población inmigrante y la extensión de jornadas a tiempo parcial han incitado a una pérdida de profesionalización y de capital humano. Por último, España es el segundo receptor de fondos de la PAC con más de 700.000 beneficiarios, en 2019 recibió casi 6.900 millones de euros.
- En 2020, la comunidad autónoma de España que mayor producción agrícola ha obtenido ha sido Andalucía con un 24,18%. Aragón se sitúa en la posición quinta con un porcentaje del 9%. La comunidad autónoma que menor producción agrícola tiene son las Islas Baleares.
- El análisis de eficiencia de las empresas españolas muestra que la media de las 3136 empresas analizadas es bastante baja, con un índice de 0,5939, y la mayor concentración de empresas se sitúa en el rango de eficiencia del 0,59-0,68 con un total de 739 empresas.
- Las 10 empresas más eficientes del sector agrícola muestran un índice superior al 0,91. Entre ellas no encontramos a ninguna sociedad perteneciente a Aragón.

- Las 10 empresas más ineficientes del sector agrícola muestran un índice inferior al 0,0181. En ellas sí encontramos una empresa perteneciente a la comunidad autónoma de Aragón.
- La comunidad autónoma más eficiente del sector es Canarias con un índice de 0,6507, muy cercado al 0,7. Por otro lado, la comunidad autónoma menos eficiente es Asturias, con un índice de 0,4059. Aragón obtiene una buena posición en el ranking nacional al estar por encima de la media española.
- El mapa de eficiencias nos muestra una clara división geográfica en los índices de eficiencia. Todas las comunidades autónomas situadas al sureste de la península y las Islas Canarias obtienen eficiencias superiores a la media de España, mientras que, todas las comunidades autónomas ubicadas al noroeste de la península y parte de las Islas Baleares obtienen eficiencias inferiores a la media.
- Mediante un análisis econométrico, hemos llegado a la conclusión de que el grado de automatización de las empresas no tiene una relación positiva con la eficiencia de las empresas.
- Por último, también a través de un análisis econométrico sencillo, hemos llegado a la conclusión de que establecer una sociedad en una de las provincias de la comunidad autónoma de Aragón no tiene una influencia significativa en el nivel de eficiencia de las empresas aragonesas del sector. Esto significa que la hipótesis planteada de que la localidad de Zaragoza, por su buena ubicación geográfica, puede tener una influencia positiva en el nivel de eficiencia de las empresas, queda suprimida.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AIGER, L. Y. (1977). *Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models*, *J.Of Econometrics* 6 (1), paginas 21-37.

ALVARÉZ PINILLA, A. A. (2003). *Introducción al Análisis Empírico de la Producción*. Universidad de León, Universidad Oviedo.

Bielsa, F. J. (s.f.). *Introducción a la Econometría*. Pirámide.



Colex, I. e. (s.f.). *Subvenciones de Boletín Oficial de las Islas Baleares*. Obtenido de Iberley el valor de la confianza COLEX: <https://www.iberley.es/subvenciones/boletin-oficial-islas-baleares>

CONOZCA LA TRUFA NEGRA DE TERUEL. (s.f.). Obtenido de <http://trufadeteruel.com/wp-content/uploads/2012/05/INIC.TRUFA-NEGRA-DE-TERUEL2b.pdf>

Dijk, I. y. (s.f.). *Manual del usuario SABI*. Obtenido de <http://webs.ucm.es/BUCM/ayuda/doc5463.pdf>

*El PIB per cápita de España cae un 10,3% en 2020, tras seis años al alza*. (17 de Diciembre de 2021). Obtenido de *El PIB per cápita de España cae un 10,3% en 2020, tras seis años al alza*: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/12/17/economia/1639742766\\_633566.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2021/12/17/economia/1639742766_633566.html)

El presidente del Gobierno, P. S. (19 de Noviembre de 2019). *Agricultura*. Obtenido de La Moncloa: <https://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh18-19/agricultura/Paginas/index.aspx>

El presidente del Gobierno, P. S. (19 de Noviembre de 2019). *Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de La Moncloa: <https://www.lamoncloa.gob.es/espana/eh18-19/agricultura/Paginas/agriculturayganaderia.aspx#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20en%20Espa%C3%B1a%20se%20cultivan,producci%C3%B3n%20de%20la%20rama%20agraria>.

ESTEBAN ALVAREZ, L. L., & HERNANDEZ GARCIA, J. (2002). *Eficiencia técnica y convergencia en la industria manufacturera de la Unión Europea*. Estudios de Economía aplicada, Vol 202, Pág. 381 a 401.

Farrell, M. (1957). *La Medición de la Eficiencia Productiva*. Obtenido de Artículo de Revista: <https://www.jstor.org/stable/2343100>

Felipe Cebrino Casquero, C. D. (2021). *El Sector Agrario en Andalucía 2021*. Analistas Economicos de Andalucía.

GREEN, W. (1993). *The econometric approach to efficiency analysis. The Measurement of Productive Efficiency*. Oxford University Press, Oxford.

Greene, W. (1993). Funciones de producción de fronteras. 20-93.

Ihaka., R. G. (1996). R: un lenguaje para análisis de datos y gráficos. 299-314.

industria, A. C. (2015). *Portal multimedia para la promoción de la ergonomía en el sector agrario*. Obtenido de [https://agrario.ibv.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=37&Itemid=133](https://agrario.ibv.org/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=133)

INE. (s.f.). *INE - Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176851&menu=ultiDatos&idp=1254735727106](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176851&menu=ultiDatos&idp=1254735727106)

Laurits R. Christensen, D. W. (1973). Fronteras de producción logarítmica trascendental. *La Revista de Estadística y Economía*, 28-45.

*Los 10 principales países exportadores de agricultura en el mundo*. (31 de Diciembre de 2021). Obtenido de WORLDTRADE Connecting Businesses Globally: <https://www.eworldtrade.com/blog/es/los-10-principales-paises-exportadores-de-agricultura-en-el-mundo/>

*Los cultivos más importantes de Andalucía*. (11 de Diciembre de 2020). Obtenido de Poliester HC: <https://www.poliesterhc.com/blog/noticia.php?id=13>

MADDALA, G. (1996). *Introducción a la Econometría*. ed. Pearson: Prentice Hall.

MEEUSEN, W. A. (1977). *Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error*, *International Economic Review* 18, 435-444. 1977.

Meeusen, W. v. (1977). Eficiencia técnica y dimensión de la empresa: algunos resultados sobre el uso de funciones de producción de frontera. *Economía empírica*. 109-122.

Opportimes, P. (16 de Abril de 2018). *Los 10 principales exportadores e importadores de productos agrícolas del mundo*. Obtenido de Periodico Opportimes: <https://www.opportimes.com/los-10-principales-exportadores-e-importadores-de-productos-agricolas-del-mundo/>

REGIDOR, L. R.-M. (1982-2009). *Evolucion de la agricultura española 1982-2009*. Obtenido de [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/reformasilenciosa\\_w eb\\_\\_tcm30-552420.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/publicaciones/reformasilenciosa_w eb__tcm30-552420.pdf)

Schmidt, K. L. (1977). Una Comparación de Enfoques Alternativos para la Medición de la Eficiencia Productiva. 3-32.

*Statista*. (s.f.). Obtenido de Statista: <https://es.statista.com/estadisticas/1219154/agricultura-valor-de-la-produccion-enespana-por-region/>

STOCK, J. y. (2012). *Introduccion a la Econometria*. Pearson.

*Valor de la produccion agrícola en España en 2020 por Comunidad Autonoma*. (Diciembre de 2021). Obtenido de statista: <https://es.statista.com/estadisticas/1219154/agricultura-valor-de-la-produccion-en-espana-por-region/#:~:text=En%20el%20t%C3%A9rmino%20regional%2C%20no,Le%C3%B3n%20y%20Castilla%2DLa%20Mancha.>