



Universidad de Jaén

Facultad de Ciencias Sociales
y Jurídicas

Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO DE
EFICIENCIA DE UNA
SELECCIÓN DE
ALMAZARAS
ANDALUZAS A TRAVÉS
DE LA APLICACIÓN DEL
ANÁLISIS ENVOLVENTE
DE DATOS**

Alumno: Máximo Gascón Herrador

Junio, 2021

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. EL SECTOR OLIVARERO ESPAÑOL.....	7
2.1. Origen y arraigo de la olivicultura.....	7
2.2. La olivicultura en España.....	8
2.2.1. Evolución y sistemas de producción del olivar en España.....	10
2.2.2. El comercio exterior de España con el aceite de oliva.....	11
2.2.3. El sector olivarero en Andalucía.....	14
2.3. Funcionamiento de las almazaras y tipos de aceites elaborados.....	16
2.3.1. Distribución de planta de una almazara.....	23
3. MARCO TEÓRICO.....	25
3.1. Conceptos básicos: Productividad y eficiencia.....	25
3.2. Tipos de eficiencia.....	27
3.2.1. Técnicas de medición de la eficiencia.....	28
3.3. El análisis envolvente de datos (DEA).....	29
3.3.1. Modelo CCR.....	31
3.3.2. Modelo BCC.....	33
4. ANÁLISIS EMPÍRICO.....	35
4.1. Selección de la muestra.....	35
4.2. Caracterización del modelo aplicado.....	36
4.3. Selección de las variables.....	37
4.4. Resultados del modelo de eficiencia.....	39
4.5. Referencias.....	43
5. CONCLUSIÓN.....	45
6. BIBLIOGRAFIA.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución del comercio exterior aceite de oliva. Años 2015 a 2019.....	12
Tabla 2. División de actividades de las almazaras por meses.....	16
Tabla 3. Tipos de sistemas de extracción (separación de componentes).....	19
Tabla 4. Resumen de criterios de búsqueda de la muestra.....	35
Tabla 5. Almazaras andaluzas seleccionadas para el estudio.....	35
Tabla 6. Elección de variables incorporadas en el estudio.....	37
Tabla 7. Listado DMU's y datos de las mismas (año 2019).....	38
Tabla 8. Estadística descriptiva de las variables del estudio.....	39
Tabla 9. Índices de eficiencia global, pura y de escala de las DMU.....	40
Tabla 10. Cómputo del número de almazaras eficientes (año 2019).....	41
Tabla 11. Puntuaciones de eficiencia de ambos modelos.....	42
Tabla 12. Unidades de decisión de referencia de las almazaras ineficientes.....	43
Tabla 13. Almazaras referentes.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Cantidad de aceituna obtenida en España en la última década.....	9
Gráfica 2. Diferencias de producción de aceituna de los dos países líderes en el producto.....	9
Gráfica 3. Exportación grupo Aceites y Grasas. Año 2019.....	11
Gráfica 4. Tasas de variación anual de exportaciones aceite de oliva.....	12
Gráfica 5. Principales destinos de exportación.....	13
Gráfica 6. Distribución de la aceituna molturada por provincias (campaña 18/19)..	14
Gráfica 7. Distribución de la producción de aceite de oliva por provincias (campaña 18/19).....	15
Gráfica 8. Tipos de aceite de oliva extraídos de almazaras.....	23
Gráfica 9. Frontera de Posibilidades de Producción (FPP).....	26
Gráfica 10. Frontera e eficiencia.....	30
Gráfica 11. Valores comparados de modelo CCR y BCC (año 2019).....	42
Gráfica 12. Ejemplo de valores de referencia.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de fábricas de aceite de oliva por CCAA (año 2019).....	17
Figura 2. Separación última fase del proceso de producción del aceite.....	19
Figura 3. Sistema de extracción en tres partes (fases).....	20
Figura 4. Depósitos de almacenamiento de aceite de oliva.....	21
Figura 5. Plano común de una almazara de aceite de oliva.....	24

RESUMEN

El sector del aceite de oliva ha significado desde hace décadas para nuestro país una marca de referencia y una herramienta de sustento económico y de expansión en cuanto al mercado exterior. Se produce cada año una media en torno a 1.200.000 toneladas de aceite, lo que representa el 40% de la producción mundial, en gran parte debido a la tradición olivarera y favorables factores productivos del país. La gran envergadura de dicho sector en España nos ha llevado a indagar en el análisis de eficiencia de las almazaras de aceite de oliva españolas. El análisis empírico se llevará a cabo mediante el método del análisis envolvente de datos (DEA), centrándose de manera más precisa en la zona de Andalucía, comunidad autónoma de la que procede el mayor porcentaje de producción del país.

Palabras clave: sector olivarero, Andalucía, eficiencia, DEA.

ABSTRACT

For decades, the olive oil sector has been a reference brand and a tool for economic support in our country and, furthermore, it contributes to its expansion in terms of the foreign market. On average about 1,200,000 tons of oil are produced per year, which represents 40% of world production, mainly due to the large olive-growing tradition and the favourable production factors in the country. The large size of this sector in Spain has led us to research the efficiency analysis of Spanish olive oil mills. The empirical analysis will be carried out using the data envelopment analysis (DEA) method, focusing more precisely on the area of Andalusia, the autonomous community where the highest percentage of production in the country comes from.

Key words: olive oil sector, “Andalucía”, efficiency, DEA.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto final de este estudio consistirá en el análisis de eficiencia de las almazaras de aceite de oliva, motivado y llevado a cabo primordialmente por el gran peso e influencia que tiene en nuestro país el sector.

El sector olivarero siempre ha supuesto una porción de nuestra economía que año tras año se ha ido desarrollando, aumentando de manera paulatina su peso en el mercado internacional. Detrás del protagonismo del sector se encuentran las almazaras, que durante siglos han ido evolucionando. En este estudio se analizará su eficiencia a partir del método de análisis envolvente de datos (DEA) a través de dos modelos, llamados CCR y BCC, los cuales mediante programación lineal generarán unos índices con valores entre 0 y 1, que indicarán si la entidad estudiada opera con eficiencia (valor 1) o por el contrario se considera ineficiente (valor distinto de 1).

El estudio se basa en una selección de una muestra de 25 entidades productoras de aceite con datos del año 2019 en la zona de Andalucía, proporcionados por la base de datos ibérica SABI (sistema de análisis de balances ibéricos).

El trabajo constará de 5 apartados comenzando por la presente introducción, seguida de una concisa explicación de la evolución histórica del sector del olivar en España y en Andalucía (zona en la que finalmente se centrará el estudio), explicando de qué manera se introdujo y se desarrolló hasta el punto de como lo conocemos actualmente. El tercer apartado tendrá la finalidad de explicar los conceptos básicos de eficiencia y sus tipos, exponiendo a su vez el núcleo teórico del método DEA y sus modelos pertinentes. Posteriormente se llevará a cabo el análisis empírico del trabajo, mostrando los resultados que incumben a cada una de las entidades seleccionadas para el estudio, terminando con la exposición de las principales conclusiones.

2. EL SECTOR OLIVARERO ESPAÑOL

2.1. Origen y arraigo de la olivicultura

Las primeras referencias sobre el cultivo del olivo datan de la época neolítica, hablando de unos 10.000 a 30.000 años antes de la era cristiana. Sin embargo, no hay exactitud sobre las indicaciones de procedencia del cultivo. Algunos autores afirman que comenzó a darse en Irán y Siria, otros difieren en esto anotando que su origen tuvo lugar en colonias de Líbano y Palestina (March y Rios, 1989).

La introducción del fruto en la Península Ibérica se atribuye a las primeras colonias de fenicios que cultivaban el olivo 4000 años antes de cristo, aunque su consolidación y mayor expansión surgió a mano de árabes y romanos aproximadamente en el siglo VI a.C. Así lo indica también el propio origen de las palabras árabes zaitum y az-zait, que más tarde dieron lugar al nombre de aceituna y aceite (Kiritsakis, 1992). A lo largo de los siglos la plantación del olivo ha tenido fines no sólo económicos sino también estratégicos y sociales, ampliándose de esta forma la actividad y con ello su superficie.

Uno de los mayores factores de expansión fue motivado por la antigua Roma. Los emperadores romanos en busca de la estabilidad de su pueblo y largos mandatos afianzaban la fidelidad de la plebe por medio de espectáculos y repartos gratuitos de alimentos. Dicho reparto de alimentos estaba conformado bajo el decreto de una ley llamada “annona”, que mantenía los derechos básicos de los grupos sociales con menos recursos. El comienzo de esta ley de reparto consistía en alimentos como el trigo y en algunas ocasiones el aceite, pero desde la época del emperador Adriano las cantidades de reparto de dicho producto comenzaron a incrementarse y desmesurarse hasta unos 12 litros por persona, siendo este hecho el causante de que Roma se viese en la necesidad de obtener grandes cantidades de aceite de oliva para hacer frente a las necesidades propias del pueblo. En esa época, al ser el cultivo del olivo actividad agrícola de la cuenca del mediterráneo de manera casi exclusiva, y al tener Roma dichas necesidades tan enormes del producto, hicieron aumentar su producción y, sobre todo, incrementaron y fomentaron la producción en la zona mediterránea de España, principalmente en Andalucía, exportándose millones de litros del oro líquido en ánforas de la época y otorgando, ya desde los siglos II y III, una magnífica reputación al aceite andaluz. (Eslava, 2001).

Es por esto que la Península Ibérica junto con Italia, comparten un primer puesto en una clasificación a nivel mundial de los países productores de aceite de oliva, puesto influido en su mayor parte por compartir geográficamente la zona mediterránea.

2.2. La olivicultura en España

España a día de hoy se ha instaurado como el primer país productor en aceite de oliva, al igual que en cuanto comercialización y exportación, y es que se ha mantenido durante muchas décadas una fuerte tradición olivarera dedicándose enormes extensiones a dicho fin, gracias a las ventajas orográficas y climatológicas del país para el cultivo del propio olivo.

Las plantaciones de olivo en España han representado el sustento de numerosas familias humildes durante siglos, dándose lugar en abundantes zonas del país, pero, sobre todo, se han dado por excelencia en la cuenca mediterránea debido principalmente a las características que posee la planta que permite su adaptación en condiciones de sequía.

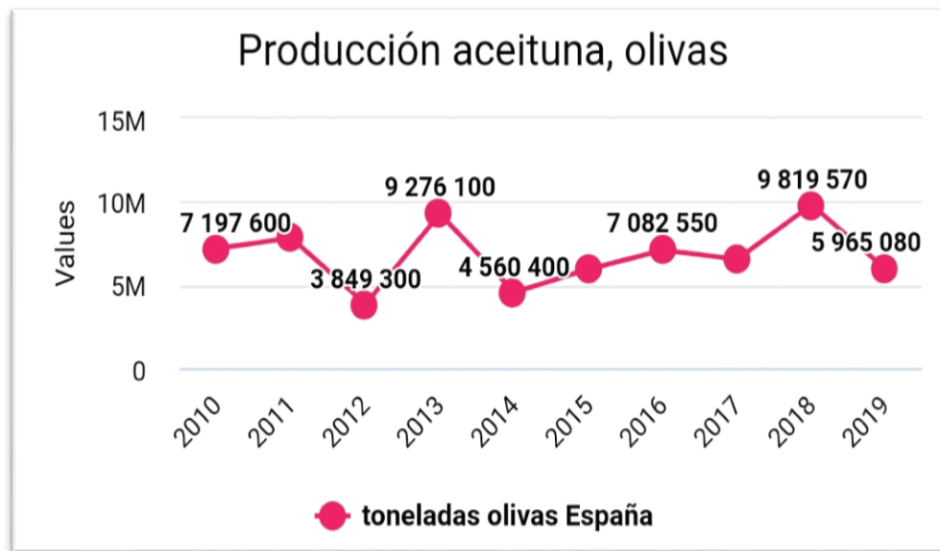
Y es que entre las virtudes de la olivicultura (entendiendo por olivicultura el cultivo del olivo y el conjunto de técnicas aplicadas a éste para la obtención de su fruto) no sólo destaca el hecho de que tengan más capacidades que otras plantaciones de aclimatarse a condiciones de sequía. También debe destacarse la importancia que tiene la longevidad de la especie, para que en un futuro y generaciones tras generaciones siga dando frutos y beneficios económicos.

Según FAOSTAT, España conforma el mayor olivar del mundo actualmente siendo su ocupación superior a los 2,5 millones de hectáreas de superficie (2.601.900 hectáreas en 2019) con más de 300 millones de olivos, extendiéndose en la geografía nacional por 34 provincias con un total de 242 variedades distintas, consiguiendo así ser el país con las mayores cifras respecto a cosechas obtenidas, y reflejando datos como los que se muestran en la siguiente gráfica.

La gráfica 1 muestra la evolución reciente de la producción de aceituna en España., la cual, aunque con algunos máximos y mínimos notables en sus cifras, se han ido manteniendo durante toda la última década, obteniéndose una media de casi 7 millones de toneladas del fruto. Estas cifras pueden parecer usuales hasta que las comparamos con las de Italia, segundo país productor (gráfica 2) cuya producción media en la década es de 2.579.148. Esta producción es fruto de siglos y siglos de trabajo y especialización

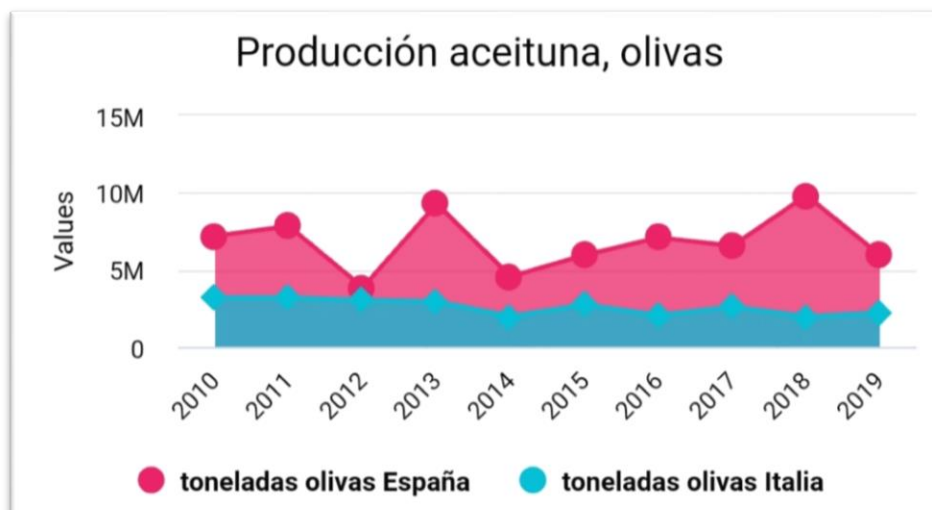
sobre el cultivo, cuidado y recolección del olivo, la óptima situación de la península para su laboreo antes comentada y la eficiente y mecanizada recogida del fruto que ha ido evolucionando con el paso del tiempo a través de mejoras tecnológicas en cuanto a la maquinaria y aparatos de recolecta de la aceituna.

Gráfica 1: Cantidad de aceituna obtenida en España en la última década



Fuente: Elaboración propia. Datos: FAOSTAT.

Gráfica 2. Diferencias de producción de aceituna de los dos países líderes en el producto



Fuente: Elaboración propia. Datos: FAOSTAT.

2.2.1. Evolución y sistemas de producción del olivar en España.

Es a comienzos de los años 60 cuando se empiezan a imponer las tendencias de mecanización para encontrar una mayor rentabilidad de la actividad, pasando a ser y a llamarse sistema de olivar intensivo al nuevo sistema de producción.

El sistema de olivar intensivo parte de nuevas plantaciones de olivos jóvenes la mayoría de un solo pie (nombre que recibe el número de troncos que componen la base del olivo, ya que estos pueden estar formados por una, dos o incluso 3 patas o troncos dependiendo de su edad y del tipo de olivo), para que su marco de ocupación sea menor y poder crecer en cuanto a densidad en la plantación, cultivados de forma alineada creando grandes hilos de cultivos, llegando a ser el número de olivos por hectárea hasta de 600, sin ser necesariamente obligatorio el riego artificial. Pero el olivar intensivo suponía mucha mano de obra (lo que se traducía en mayores costes) y requería una elevada productividad para ser competitivo en cuanto a la venta de aceite. De esta forma a mediados de los 60, se impone una tendencia “decreciente” arrancándose olivos de difícil explotación en terrenos pobres, para destinar otras plantaciones como la del cereal o el girasol.

Fue posteriormente, con el comienzo de los 80, cuando se produce la tendencia de trasladar de manera más intensiva el cultivo del olivar a terrenos ricos y óptimos aumentando así la plantación en gran parte en superficies de Andalucía, Extremadura y Castilla- La Mancha, y desarrollando otro sistema de producción: sistema de producción super intensivo.

Con el sistema de producción super intensivo se optó por la forma de hacer árboles de menor tamaño y más próximos, para que de esta manera se obtuviesen mayores rendimientos por hectárea, y con un enfoque determinado por la mecanización. Este sistema posee un marcado primario de cultivo en el que la distancia de plantación suele ser especialmente reducida para así obtener la mayor densidad posible de cultivo y número de olivos traduciéndose esto en mayor rentabilidad. La singularidad de este sistema se manifiesta en, que debido a la masificación que se produce, a la edad de entre 5 o 6 años se debe de pasar a cultivo intensivo. De esta forma para ejecutar el paso al consiguiente sistema de producción se extraen hilos de olivos alternativos, resultando así un marcado entre ellos mayor para que prosiga su correcto y óptimo crecimiento (Villar, Moya y Espínola, 2007).

2.2.2. El comercio exterior de España con el aceite de oliva.

Debido a los grandes problemas de rentabilidad por causas como los altos costes salariales de la mano de obra de la agricultura olivarera durante sus recolecciones y campañas, se incrementaron de manera notable los precios del aceite, y como consecuencia, otros aceites le hacían competencia en el mercado interior (principalmente el de girasol), pues se obtenían por costes muchos menores y le arrebatában gran parte de cuota de mercado en lo que respecta a la venta en el sector de aceites y grasas. Con la búsqueda de soluciones a este problema, acentuada por la crisis del olivar en la década de los 60 y el comienzo de la mecanización el sector comenzó a buscar nuevas cuotas de mercado a través del comercio exterior (López, 1978; Fernández, 1927).

En el ámbito de los aceites y grasas en general, su comercio exterior es claramente exportador, obteniendo sus ventas al exterior en el periodo de la última década (2010-2019) un incremento en valor del 68,5%. Tienen como destino prioritario la Unión Europea (en un 58,6% del total de ventas al exterior en 2019), considerándose el aceite de oliva el principal producto exportado (75,5% del total de aceites y grasas exportadas).

Gráfica 3. Exportación grupo Aceites y Grasas. Año 2019



Fuente: Elaboración propia. Datos: MAPA (2019).

Si tomamos como inicio el año 2015, el valor de la exportación de aceite ha crecido hasta 2019 en un 10, 7%, alcanzando sus niveles máximos en 2017. A partir de este año, se

produce un retroceso en 2018 y 2019 aun habiendo aumentado su volumen de exportación. Y es que este retroceso en cuanto a cifras monetarias acompañado del aumento de exportaciones en volumen (unidades físicas) está causado a la caída de los precios medios del kilogramo de aceite, reduciéndose de 3,90€ en 2017 a 2,72€ en 2019.

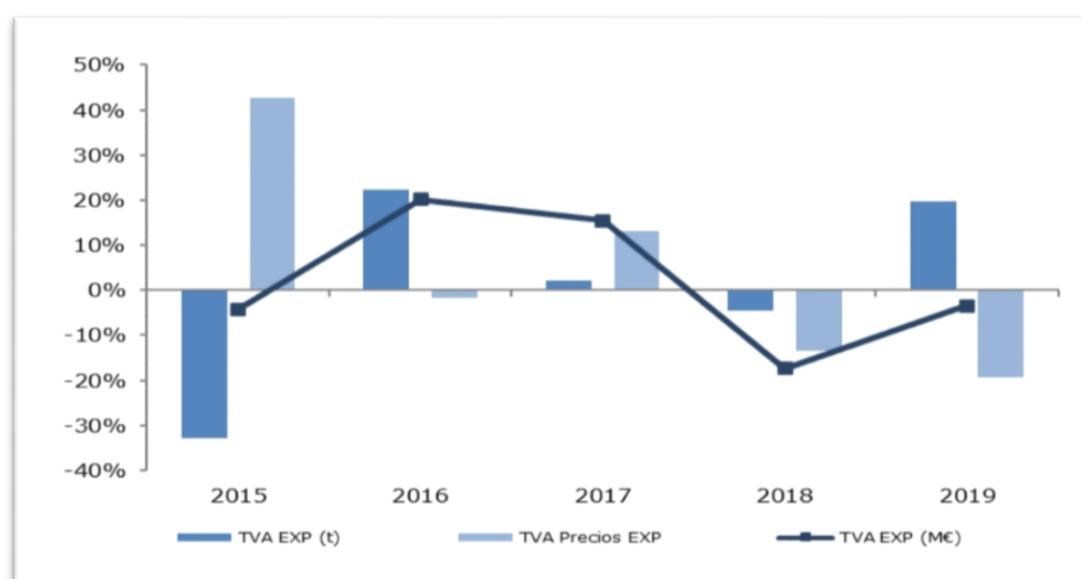
Tabla 1. Evolución del comercio exterior aceite de oliva. Años 2015 a 2019

	2015	2016	2017	2018	2019
EXP (M€)	2.646,78	3.182,60	3.674,68	3.036,14	2.931,05
PRECIO EXPORTACIONES (€/Kg)	3,50	3,44	3,90	3,37	2,72

Fuente: Elaboración propia. Datos: Informe anual 2019 comercio exterior (MAPA).

No obstante debe subrayarse que, aunque el valor de las exportaciones españolas esté sufriendo una reducción de su valor debido a la bajada media de precios, el incremento en cuanto volúmenes de ventas al exterior en 2019 está causando una desaceleración en la reducción del valor de éstas; es decir, el valor de las exportaciones sigue bajando, pero a un ritmo más suave debido al aumento de sus volúmenes, por lo que de seguir esta tendencia alcista en el volumen, las cifras del valor monetario de las exportaciones se irán recuperando hasta conseguir una tasa de variación anual positiva, momento en el que comenzaría a incrementarse si las demás variables que afectan quedan constantes sin alterarse (gráfica 4).

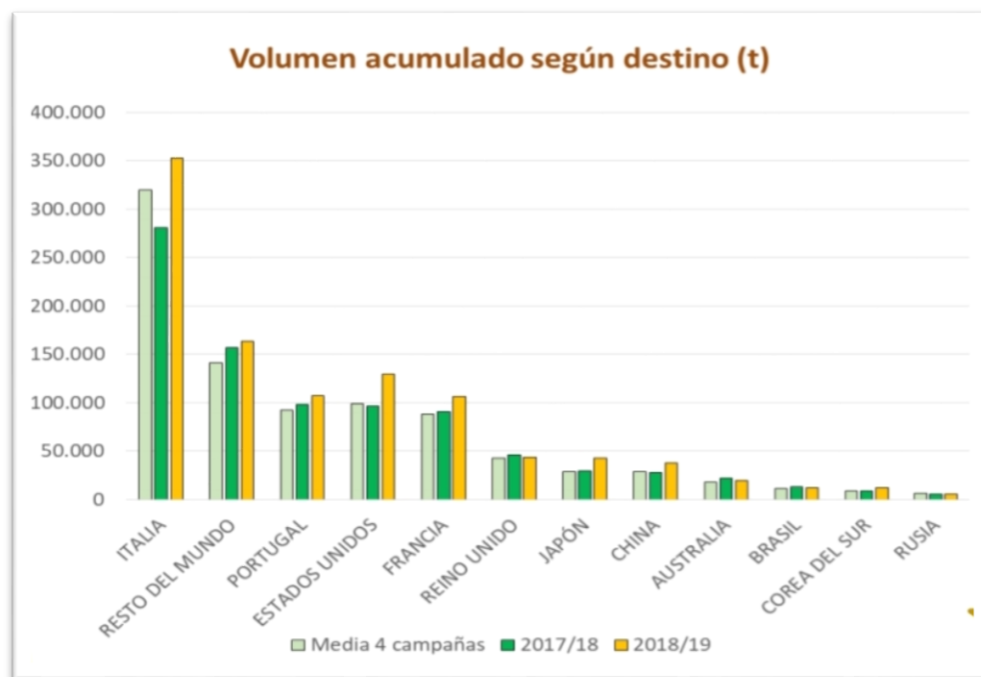
Gráfica 4. Tasas de variación anual de exportaciones aceite de oliva



Fuente: Informe anual 2019 comercio exterior (MAPA).

Este incremento de exportaciones en cuanto a cantidades se debe básicamente al aumento de la demanda en los países consumidores. Así lo reflejan los datos de la campaña 2018/2019 recogidos por la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios del Gobierno de España, en el que ha habido un incremento de los volúmenes exportados respecto a la anterior campaña, principalmente en Italia, Portugal, Estados Unidos y Francia; además de otros países del resto del mundo que conforman la lista de unos 150 consumidores de aceite de oliva español aproximadamente.

Gráfica 5. Principales destinos de exportación



Fuente: Boletín de comercio exterior de aceite de oliva campaña 2018/2019 (MAPA).

Y es que, el aceite de oliva español está sujeto año tras año a un estricto control de calidad. Los propios productores llevan a cabo análisis en sus propios laboratorios, y se escogen muestras de cada lote para ser analizadas por las autoridades españolas, con el objetivo de comprobar que todas están adaptadas a los requerimientos de calidad.

2.2.3. El sector olivarero en Andalucía.

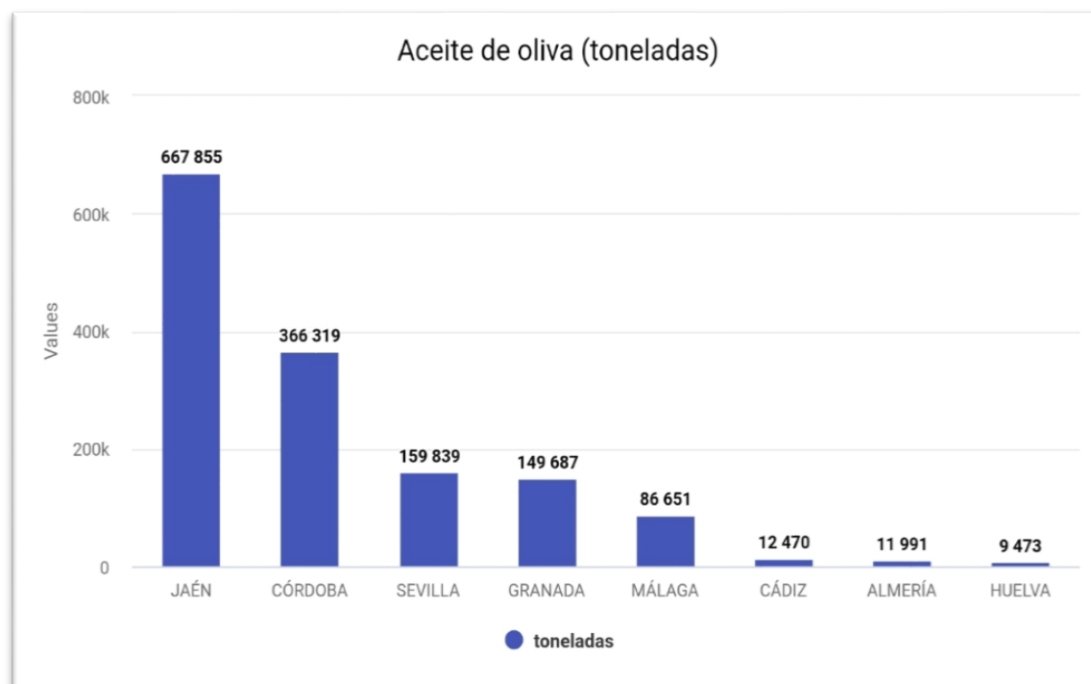
Según el Sistema de Información Geográfica de Parcelas Agrícolas (SIGPAC), tras el censo de la campaña 2019, en Andalucía se contabilizan un total de 1.622.751 hectáreas de olivar, una cifra que representa un 61,5% de la superficie total del olivar nacional y aproximadamente el 14% de la superficie mundial. De la superficie total de olivar andaluz, un 94,1% (1.514.868 hectáreas) es dedicado a producción de aceituna para almazaras, siendo el incremento de superficie olivarero de almazaras del 7,4% desde 2006, localizándose la mayor superficie en Jaén seguido de Córdoba y Sevilla, que, por ende, representan las provincias con mayores cifras de molturación de aceituna. Representando la molturación andaluza el 81,7% de la producción nacional de aceite de oliva y el 46,8% de la producción mundial, es liderada por la provincia jiennense (gráficos 6 y 7).

Gráfica 6. Distribución de la aceituna molturada por provincias (campaña 18/19)



Fuente: Elaboración propia. Datos: Agencia de información y Control Alimentarios (AICA).

Gráfica 7. Distribución de la producción de aceite de oliva por provincias (campaña 18/19)



Fuente: Elaboración propia. Datos: AICA.

El sector olivarero andaluz es el principal protagonista de las exportaciones españolas del aceite de oliva. Datos proporcionados por la Junta de Andalucía y por Extenda (agencia andaluza de promoción exterior) avalan que, de toda la producción mundial de aceite de oliva, un tercio es generado por España, siendo Andalucía la región por excelencia en cuanto a producción se refiere ya no sólo a nivel nacional sino del mundo. Y es que debe subrayarse que sólo entre las provincias andaluzas de Jaén y Córdoba se produce aproximadamente el 65% del aceite de oliva anual generado en España. Es por eso que Andalucía se considera la mayor exportadora y productora de los mejores aceites molturados en el mundo, por su gran especialización y enfoque en este nicho de mercado, el aceite molturado de oliva virgen y oliva virgen extra, aceite considerado de mejor calidad por sus grandes cuidados de fabricación en almazaras y por las grandes cualidades de la aceituna transportada a éstas para su producción.

2.3. Funcionamiento de las almazaras y tipos de aceites elaborados

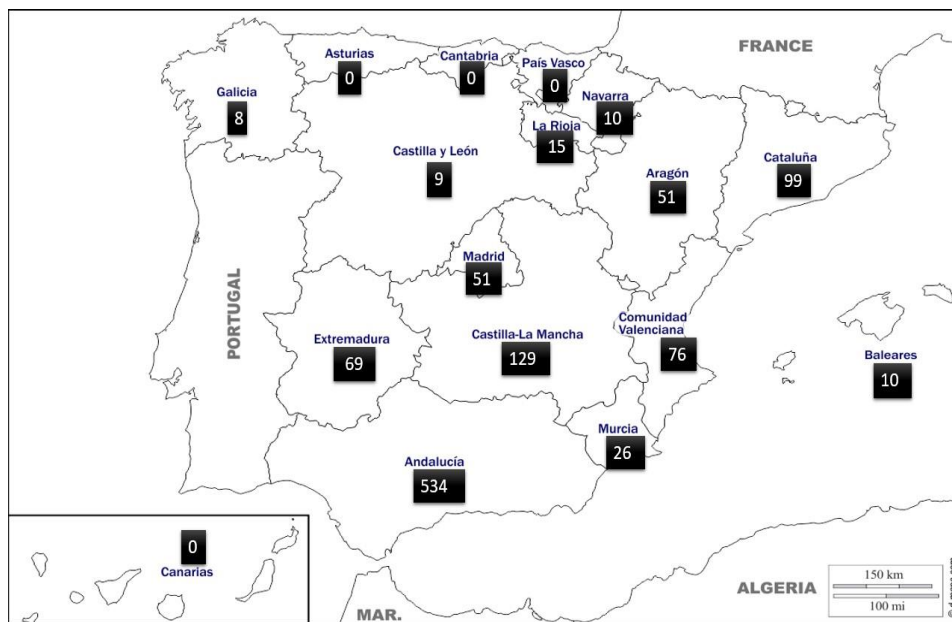
Durante todo el año completo las almazaras están activas y en funcionamiento, pero no todos los meses tienen el mismo ritmo de actividad y la misma ocupación de trabajo. Los meses de mayor carga son los correspondidos con los de la campaña de recogida de la aceituna, que comprenden de manera usual desde la segunda semana de noviembre hasta la última de enero (dependiendo el grado de variación de las fechas de la climatología y de la cantidad de olivas a recoger). En las distintas semanas del año que no abarcan la campaña de recolección del fruto, se llevan a cabo las tareas de envasado y expedición del aceite, quedando reflejada la actividad de manera esquematizada en la siguiente tabla.

Tabla 2. División de actividades de las almazaras por meses

MESES	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo - Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Recogida y extracción																				
Almacenamiento																				
Envasado																				
Expedición																				

Fuente: Martínez (2017).

La figura 1 muestra la distribución geográfica de las fábricas de aceite de oliva en 2019. Se encuentran concentradas principalmente en la zona sur de la península y hacia la zona que paralelamente se sitúa con el mar mediterráneo. Siendo un total de 1087 las entidades fabricantes de este producto (en el año 2019 registradas por la base de datos SABI), Andalucía localizaría la mayoría de éstas, seguida de Castilla- La Mancha y Cataluña, aportando entre estas 3 comunidades autónomas más del 70% del total de productoras de aceite del país, siendo las que ocasionan unos mayores importes de cifra de ventas, y llegando a superar las entidades más grandes los mil millones en ingresos de explotación.

Figura 1: Distribución de fábricas de aceite de oliva por CCAA (Año 2019)

Fuente: Elaboración propia. Datos: SABI.

Para el correcto proceso productivo de toda almazara, el primer factor indispensable a tener en cuenta es el diseño de ésta y la elección de la maquinaria de patio, molturación y bodega. Las principales variables de diseño y selección serán la capacidad de producción y el coste de las diferentes alternativas que se vayan a llevar a cabo. Por lo tanto, no existe un patrón único en cuanto al esquema de proceso productivo de almazaras, sino que se rigen a la mayor productividad y eficiencia posible para realizar su actividad económica.

En toda almazara o molino de extracción de materias grasas, en general, y de aceite de oliva, en particular, suelen ser comunes las fases descritas a continuación:

I) Recepción y limpieza del fruto:

Usualmente consiste en la recepción del fruto en grandes patios donde las aceitunas se vacían en grandes tolvas yendo a parar las aceitunas a cintas transportadoras que las trasladan hacia máquinas limpiadoras (siendo importante subrayar que la molturación se produzca en un plazo inferior a 12 horas desde su recogida), donde se produce la separación de la aceituna propiamente dicha de impurezas varias, como pueden ser hojas, ramas finas del olivo y tierra suelta que contenga incrustado el fruto (pueden suponer

entre el 5 y 10% del peso del fruto en el momento de recepción en la almazara) que pueden favorecer la velocidad de su fermentación.

Las aceitunas conducidas por la cinta transportadora hacia las máquinas limpiadoras, caen sobre una tolva que las expone junto con las impurezas a una vigorosa corriente de aire provocada por grandes ventiladores, cayendo así las materias más pesadas (la propia aceituna) sobre una criba o cualquier otro sistema que proporcione la separación (rodillos giratorios o zaranda), mientras que los materiales de menor dimensión van a parar a la parte inferior contribuyendo a su eliminación (García, 2019).

Tras las máquinas limpiadoras, las olivas discurren posteriormente a máquinas lavadoras, donde con agua potable se procede al último paso de lavado para eliminar el barro o arena incrustada en el fruto durante la recolección para así adecentarlo de manera completa.

II) Pesaje y toma de muestras:

Una vez totalmente limpia, la aceituna está lista para realizar su pesaje de manera que sólo se contabilice el peso real de la aceituna sin influirle o afectarle otras taras. Así, tras la salida del fruto de la máquina de lavado mediante cintas transportadoras es vaciada en el vehículo de transporte donde llegó el fruto, dirigiéndose a una gran bascula para proceder al pesaje de la aceituna junto con el vehículo, determinando así su peso bruto. Posteriormente determinado el peso bruto, la aceituna es vaciada en una tolva de pesaje (paso en donde se toman las muestras del fruto para especificar su cantidad de contenido graso y su calidad, almacenándose así en procesos posteriores por clases y tipos según su calidad) y una vez se encuentra el vehículo vaciado se dirige de nuevo a la báscula nombrada anteriormente para pesarlo ya sin el fruto, para así calcular mediante la diferencia del peso del vehículo con el fruto y sin él, el pesaje neto y la cuantía real de kilogramos aceituna recolectada.

III) Molienda:

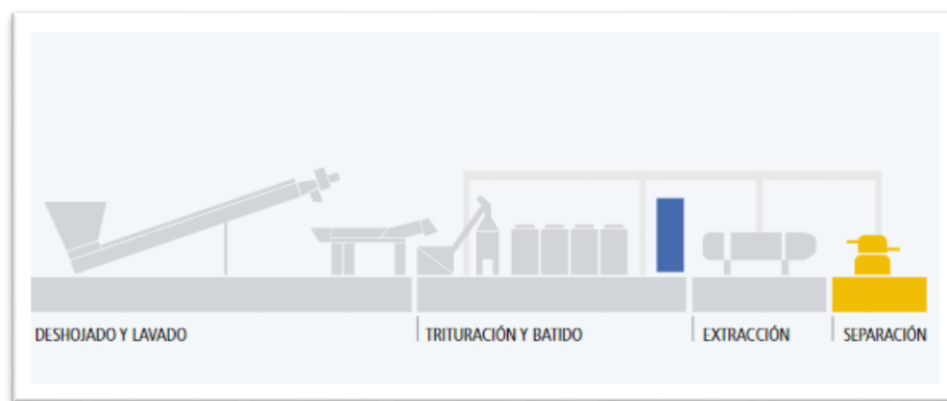
Siendo esta la primera operación de la etapa de extracción del aceite, es importante que se realice de manera adecuada ya que se considera el punto de partida para obtener un aceite de calidad. El objetivo es la rotura de los tejidos vegetales y liberación de las gotas de aceite contenidas en ellos, procediéndose así a la molienda del fruto completo en el que se encuentra un porcentaje de agua, materia grasa (aceite), hueso y pulpa. Produciéndose

en este proceso una pasta de todos los elementos mencionados que, mediante una pequeña fase de batido, se agrupan las gotas de aceite con el objeto de formar una base oleosa para facilitar la separación del aceite en las fases posteriores de extracción (Martínez, 2017).

IV) Extracción:

Sistema mediante el cual se separan los componentes líquidos y sólidos de la aceituna (agua vegetal y orujo), y se produce la división del aceite de los demás elementos que componen la aceituna principalmente mediante la utilización de la fuerza centrífuga como elemento fundamental. La pasta procedente de la batidora llega al decanter, para producir una filtración extra que irá dirigida al sistema de separación y centrifugado en sí, para formalizar así la separación de los distintos residuos. Residuos que deben ser eliminados de forma apresurada para mantener elevada la calidad del producto.

Figura 2: Separación, última fase del proceso de producción del aceite



Fuente: Pieralisi.

Para el tratamiento de la pasta y de la separación de componentes, existen varios tipos de sistemas de extracción, destacándose las siguientes diferencias:

Tabla 3: Tipos de sistemas de extracción (separación de componentes)

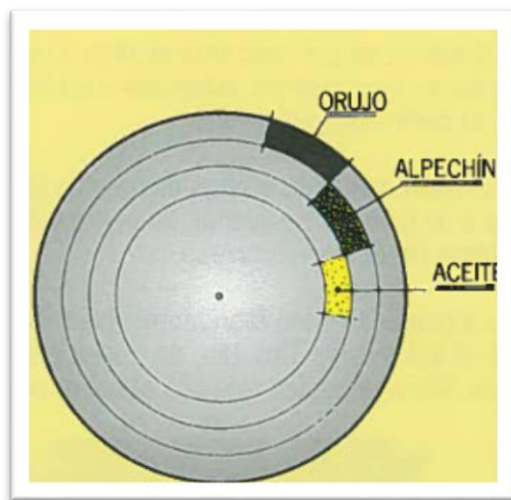
SISTEMAS DE EXTRACCIÓN	SEPARACIÓN
Tradicional (mediante prensado)	Aceite, alpechines y orujo
Tres fases (mediante centrifugación)	Aceite, alpechines y orujo
Dos fases (mediante centrifugación)	Aceite y alperujo (agua de vegetación, pulpa y hueso)

Fuente: Elaboración propia. Datos: Sociedad Cooperativa Agraria San José.

El método tradicional, ejecutaba la extracción del aceite a través de prensas y discos porosos, pero mediante las evoluciones tecnológicas, el sistema de centrifugado ha hecho que se requiera una menor mano de obra para la obtención del aceite, produciéndolo además con una menor acidez (sinónimo de mayor calidad) y con un limitado volumen de máquinas y por consiguiente con una elevación de eficiencia en la obtención del producto final (Espínola, 1996).

Mediante la fuerza centrífuga de varios componentes con distintas densidades, se formarán coronas circulares en la separadora, esas coronas o anillos circulares, variarán en número según el tipo o sistema de extracción que se lleve a cabo. Primero surgió el sistema de tres fases, que en la centrifugación inyectaba agua adicional para fluidificar la pasta proveniente del batido, y así facilitar la diferenciación entre el aceite, el alpechín (residuo formado del componente líquido de la aceituna y el agua añadida en el sistema de centrifugado) y el orujo (residuo sólido).

Figura 3. Sistema de extracción en tres partes (fases)



Fuente: Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca.

Posteriormente, surgió el sistema de dos fases para mejorar el anterior en el que no se incluye agua adicional, teniendo este sistema solamente dos salidas, una para el aceite y otra para el alperujo (residuo compuesto de pulpa de la aceituna y agua vegetal), a diferencia del anterior que tenía tres salidas u orificios.

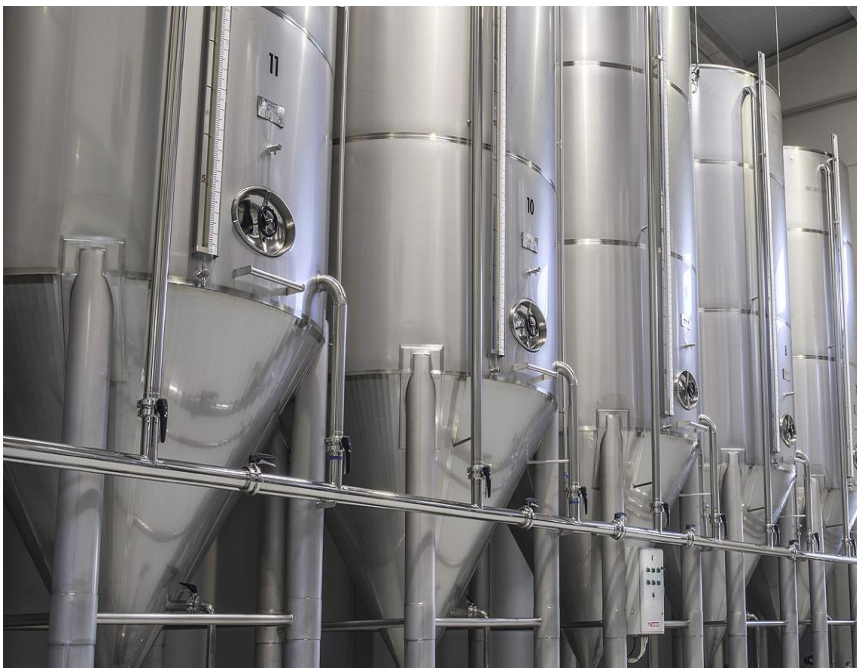
V) Almacenamiento:

Una vez se ha obtenido el objeto final de la almazara, el aceite de oliva, éste debe de almacenarse en condiciones muy óptimas para conservar las características propias del mismo y que su calidad no pueda verse devaluada, siendo los principales problemas de esta fase la fermentación por impurezas sólidas que aún puede contener el aceite.

Para ello, el aceite se debe proteger de la luz y del aire, ya que son los principales factores que pueden producir la alteración del producto. De igual forma, el aceite se mantendrá a una temperatura constante de entre 15 y 20 grados centígrados en depósitos de acero inoxidable evitando cambios bruscos de temperatura.

La propia composición del aceite al llegar al almacén, sigue conteniendo una pequeña porción de impurezas y humedad que se decanta rápidamente con el transcurso del tiempo, depositándose en el fondo de los depósitos. Por tanto, se requiere de una manera periódica en el tiempo la eliminación de estos elementos que fermentan rápidamente amenazando la contaminación del aceite, por ello, es necesaria una forma cónica en el fondo de los depósitos junto con la provisión de un grifo de purga distinto al orificio de salida del aceite de oliva (Martínez, 2017).

Figura 4. Depósitos de almacenamiento de aceite de oliva



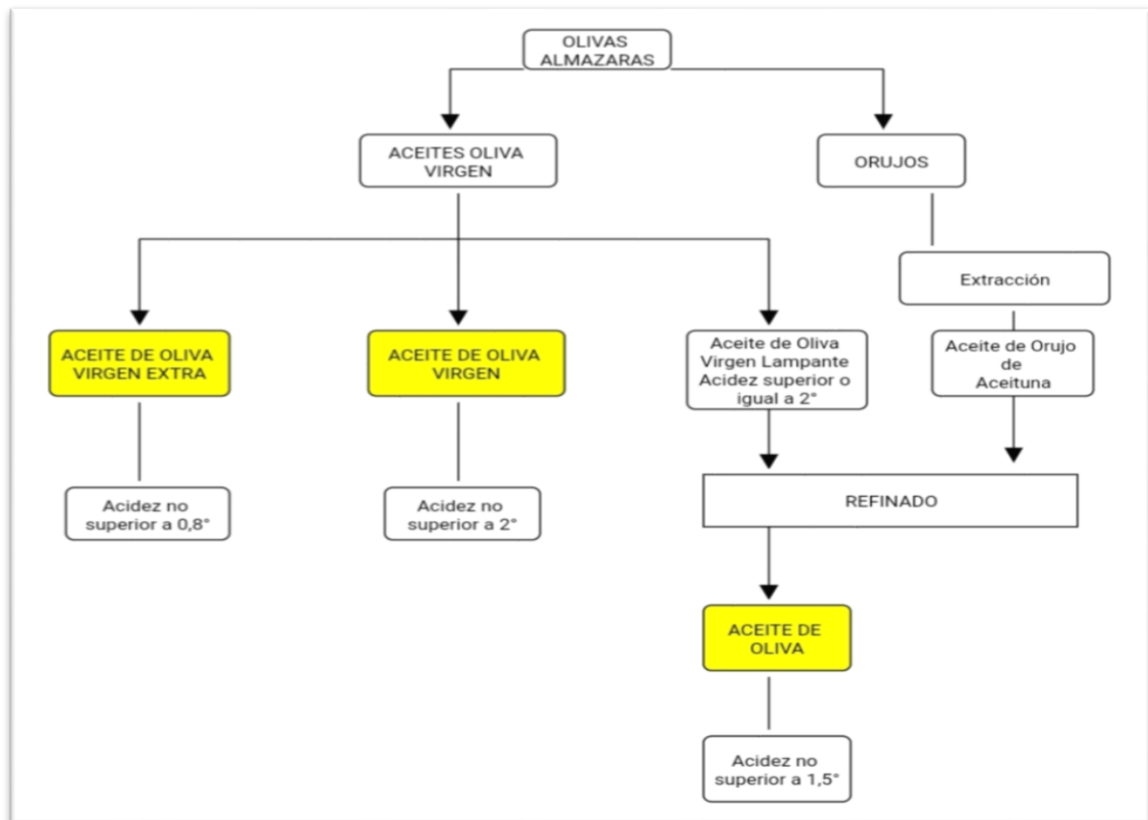
Fuente: Herpasur.

VI) Filtración y envasado:

Y como última fase se encuentra ya la purificación (mediante filtración) del producto y su envasado, operación que se puede realizar en la propia almazara o bien pudiera ser otra empresa la que envase y comercialice el aceite. Mediante esta fase, el aceite se envía desde la bodega (donde se encuentra almacenado) a unos depósitos nodriza donde se procederán a llevar a cabo las mezclas de producto con el objeto de obtener los aceites deseados según sus propiedades (sabor, variedad o color), y una vez se consiga la mezcla tan deseada es cuando se obtiene el gran aceite de oliva virgen y finalmente se procede al paso para empezar con su comercialización: el envasado según el tipo de aceite elaborado.

Se pueden obtener en estas fases (dependiendo de la calidad del aceite, su forma de extracción y sobre todo su grado de acidez) distintas variedades de aceite de oliva (gráfica 8), distinguiéndose entre ellas: el aceite de oliva virgen extra, el considerado de mayor calidad por sus características y su mínima alteración en el proceso de extracción, el aceite de oliva virgen corriente y el aceite de oliva virgen lampante.

El grado de acidez de un aceite de oliva es primordial ya que es considerado como el principal indicador de calidad del producto, se le concederá más calidad cuanto menor sea la acidez ya que un bajo nivel de acidez indica que el aceite ha sido elaborado con aceituna fresca y sana.

Gráfica 8. Tipos de aceite de oliva extraídos de almazaras

Fuente: Elaboración propia. Datos: Reglamento (ECC) N.º 2568/91.

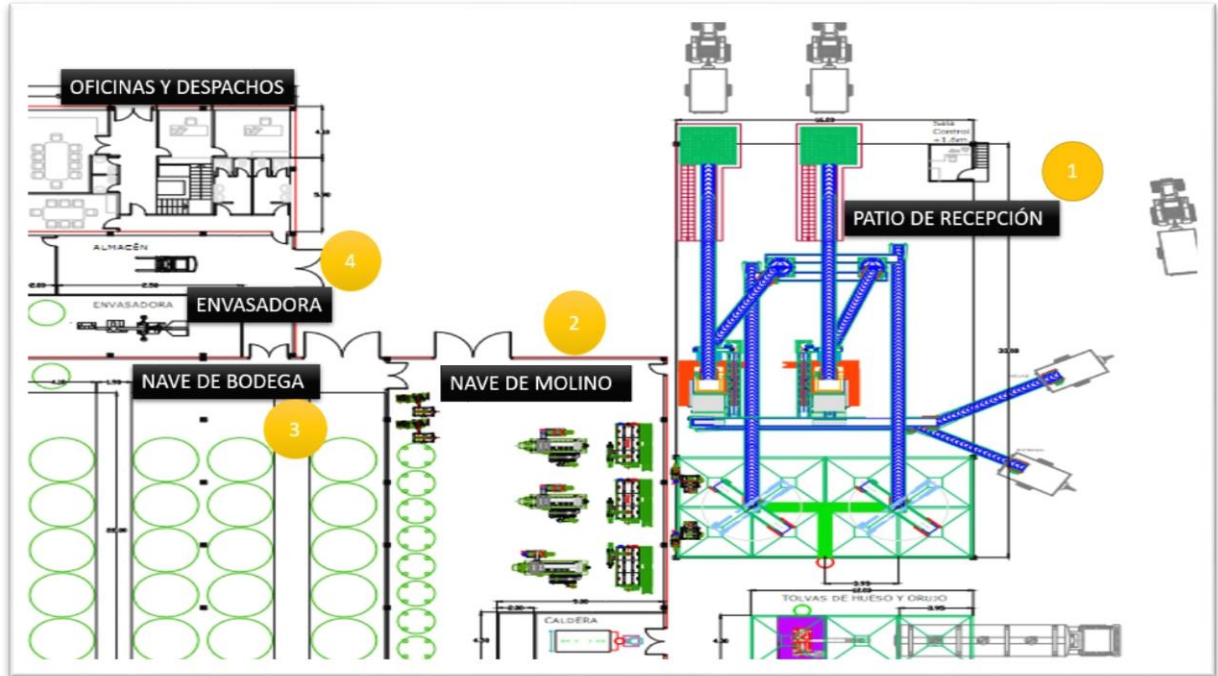
Por tanto, vemos como hoy en día en procesos tan mecanizados tanto en la recolección como en la etapa de extracción del aceite, la maquinaria y el inmovilizado en general del sector es indispensable y puede determinar las calidades del aceite, así como las cantidades económicas percibidas por este y la rentabilidad en cuanto saber extraer de manera más eficiente el producto objeto y utilizar un proceso con fases de extracción óptimas lo más directas y simplificadas posibles con el fin de conseguir una alta tasa de productividad.

2.3.1. Distribución de planta de una almazara.

Esta tasa de productividad, se verá influenciada en su mayor parte por la distribución y situación de los patios y salas de maquinaria de la almazara que generalmente, están divididas de la siguiente forma: patio de recepción (donde se procedería al pesaje y donde se localizan las cintas de limpiado y lavado), procediendo a continuación a la nave del molino, donde se encuentra la fase de la molturación y centrifugado, y por último las naves de bodega y envasado (si suponemos que la almazara proporciona los servicios de

embotellado y etiquetado, o en su defecto los dirige a empresas privadas, terminando de este modo su actividad productiva en las fases de extracción y almacenamiento).

Figura 5. Plano común de una almazara de aceite de oliva



Fuente: Ingemecánica.

Se puede observar como la planta en general, está dividida en zonas, donde se agrupa toda la maquinaria y equipos necesarios por etapas según el proceso de fabricación, por lo que siguen un sistema de distribución por producto: también llamado taller de flujo, en el que se genera una producción continua, ejecutándose por lotes un único producto y donde el trabajo se mueve mediante rutas mecánicas directas (Martínez, 2017).

Localizando así un proceso de etapas lo más continuas posibles para su correcto grado de eficacia y productividad, evitando los cuellos de botella, y precisando de la menor mano de obra posible para obtener los niveles ideales de rentabilidad, requiriendo de esta forma el mínimo personal de supervisión de maquinaria, personal de oficina y de limpieza de máquinas y cintas implicadas en el proceso de producción.

3. MARCO TEÓRICO

Para comenzar con el marco teórico, en primer lugar, sería conveniente aclarar conceptos básicos del propio trabajo y estudio, y que son por ende primordiales para entender y llegar al objetivo de nuestro análisis, el grado de eficiencia de una entidad en un determinado sector del mercado. Así, sería adecuado haciendo referencia a los términos de productividad y eficiencia, conceptos también básicos de la economía que son distintivos e identificadores principales de la salud que goza una compañía, empresa o sector de cualquier mercado, y que hoy en día es lo que buscan todas y cada una de las compañías u organizaciones para sobrevivir a estos tiempos de tanta competencia.

3.1. Conceptos básicos: Productividad y Eficiencia

En ocasiones los conceptos de productividad y eficiencia suelen utilizarse como sinónimos en el ámbito de cualquier proceso productivo; entendiendo por proceso productivo bien sea de bienes o sea de servicios, aquella sucesión de acciones o conjunto de actividades que se realizan de manera ordenada, a través de las cuales se transforman unos inputs o entradas en un determinado número de salidas u outputs (Belenguer 2018), para así generar unos ingresos y unos beneficios, mediante el cumplimiento de las necesidades de los clientes, pero con unos costos mínimos que hagan aumentar los márgenes de los resultados de cualquier entidad que se dedique a cualquier proceso productivo.

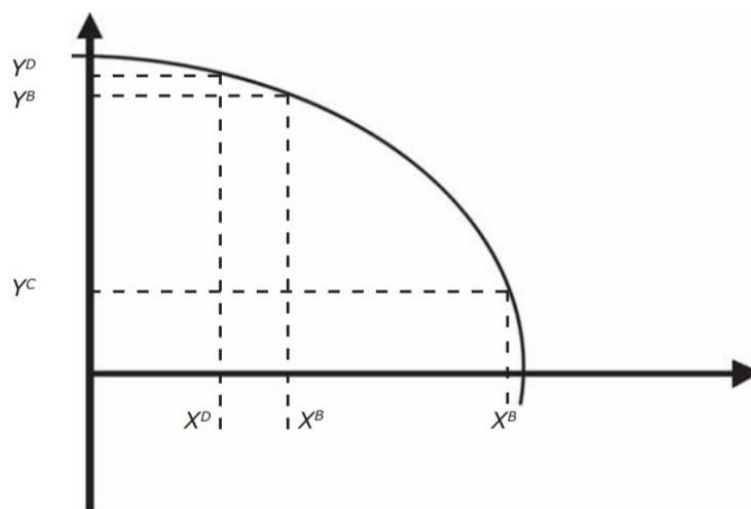
En concreto, la productividad se calcularía básicamente por medio del cociente de unas salidas (outputs) entre las entradas que haya tenido una empresa. Bien es cierto que cuando no se trata de un único insumo y a su vez un solo producto, necesitaríamos utilizar ponderaciones para realizar un índice de productividad total de los factores (Coelli, Estache, Perelman y Trujillo, 2003). Expresado en otras palabras, la productividad es la relación existente entre los inputs que una empresa o entidad asigna a su proceso de producción, y los beneficios que obtiene; por lo que la productividad nos servirá también como un indicador esencial de la calidad de gestión de una compañía. Tampoco habría que confundir productividad con producción, y es que es preciso aclarar, que la productividad es la resolución o resultado (producción propiamente dicha) que se ha obtenido por cada unidad de trabajo en un periodo determinado de tiempo. Sería como que la producción solo es un componente (de varios) de la productividad, y que se

encuentra dentro de ella, un componente como puede ser el rendimiento y los costes entre otros (Belenguer y Tormo, 2018).

Explicado de formas más hacedera o más manejable, productividad sería más medible en unidades físicas. Es el “cuánto”, o el resultado que se ha dado tras combinar y aplicar a un proceso productivo una cantidad de insumos; pero se puede ser productivo sin ser eficiente.

Por su parte, podemos definir la eficiencia general (o eficiencia como macro indicador) como la capacidad para obtener el máximo resultado posible con una cantidad mínima de recursos o inputs, “haciendo que la productividad sea favorable” (Figuerola, 2017). Aunque dentro del término eficiencia podemos desgajar y encontrarnos diferentes tipos que expondremos a continuación.

Gráfica 9. Frontera de Posibilidades de Producción (FPP)



Fuente: Varian (1992).

La gráfica 1 muestra alternativas y posibilidades de producción de dos bienes diferentes (X y Y) utilizando una cantidad fija de inputs. La curva que observamos es la frontera del conjunto de posibilidades y alternativas de producción, y todos los puntos de producción en la frontera contamos con que son eficientes. Como podemos ver, fijándonos en los puntos D y B (considerándose dichos puntos en la gráfica los ejes con coordenadas X_d , Y_d y X_b , Y_b respectivamente), la única forma para producir más de X es produciendo menos de Y, al igual que por la propia estructura y lógica de la curva la única forma para producir más de Y es produciendo menos de X.

Lo descrito en la anterior gráfica, nos aclara que, en la producción, el equilibrio general nos otorga la curva de eficiencia, y se considerará eficiente una combinación de producción cuando no sea posible mejorar la cantidad de producción de un output sin empeorar la del otro (Varian, 1992).

3.2. Tipos de eficiencia

Y es que, el concepto de eficiencia tiene dos principales componentes ya que (Farrell, 1957) fue el primero que fragmentó este concepto en: eficiencia técnica y eficiencia asignativa.

El termino de eficiencia (técnica) global, es un concepto tecnológico que puede referirse tanto en términos de inputs como de outputs (Cabrera, 2003). Si la mencionamos refiriéndonos en términos de outputs se expresaría como “la capacidad de una empresa para conseguir la máxima producción a partir de su conjunto de insumos” (Coelli et al, 2003), es decir, se trata de la facultad de una unidad de producción para obtener esa máxima producción con un nivel de insumos y de tecnología. Si hablamos de eficiencia en términos de inputs diríamos que representa la mínima cantidad requerida de recursos o insumos, para obtener un nivel dado de outputs (Cabrera, 2003). La medida de eficiencia técnica varía entre 0 y 1. Un valor de 1 indica que la empresa es completamente eficiente y opera en la frontera de producción (Coelli et al, 2003). Un valor menor que 1 refleja que la empresa opera por debajo de la frontera, y cuanto más cercana esté del valor 0, existirá mayor nivel de ineficiencia. Mientras que la eficiencia asignativa consiste en decidir si optar por una combinación de recursos y productos u otra, de tal manera que la combinación seleccionada sea la más asequible y la más barata en cuanto al precio de los recursos (Farrell, 1957). Es decir, cuando los valores óptimos de una selección de insumos, se fundamentan en alcanzar un cierto nivel de producción al menor costo posible (dados unos determinados precios de insumos), estamos hablando de eficiencia asignativa (Leiton, 2007).

A su vez, la eficiencia técnica se puede dividir en eficiencia técnica pura y eficiencia técnica de escala. Si nos referimos a la primera, se basa en el empleo óptimo de los factores productivos; la eficiencia técnica de escala mide, de cualquier unidad productiva, el grado en el que opera y efectúa su trabajo en la dimensión óptima, considerando en todo caso el tamaño de la planta en la que se desarrolla (Banker, Charnes y Cooper, 1984).

Por tanto, a modo de resumen destacaremos que, para ejecutar la medición de eficiencia a cualquier entidad o unidad económica, se va a requerir de dos procedimientos básicos: la determinación de un punto o nivel de referencia (que vendrá a darnos nuestra frontera de eficiencia) que refleje a partir de diferentes combinaciones de insumos el máximo nivel de output posible de producir y la comparación de los datos de eficiencia obtenidos de cada DMU analizada con la frontera, dando lugar a que las desviaciones producidas estarían dándonos a entender comportamientos de ineficiencia. De este modo y por estos motivos, diremos que la eficiencia es un concepto relativo, ya que el resultado obtenido de una DMU se comparará con la DMU de referencia, ya que siempre va haber una DMU de referencia para estos estudios (Forsund y Hjalmarsson, 1974).

Productividad y eficiencia son indicadores fundamentales en el análisis del estado de una compañía, empresa, o de cualquier unidad de trabajo que desarrolle algún proceso de producción. Y son necesarias entre otros motivos, por el mercado tan globalizado que tenemos hoy en día y por una enorme competitividad principalmente provocada por la excesiva sobreoferta de servicios y productos en todos los sectores de la economía tanto nacional como mundial (Figuerola, 2017).

3.2.1. Técnicas de medición de la eficiencia.

Para llegar a la conclusión de si una unidad productiva opera de manera eficiente, existen diversas técnicas de medición de la eficiencia (Marmolejo, Cedillo y Salazar, 2015):

- I. Términos paramétricos: utilizando la función de producción mediante una forma funcional para la tecnología, y generalmente en estas técnicas paramétricas se suelen dar modelos econométricos.
- II. Determinista: los modelos deterministas asumen que todas las desviaciones de la frontera de eficiencia son motivo de la ineficiencia técnica.
- III. Estocásticos: estos modelos siempre hacen distinción entre ineficiencia técnica y ruido estadístico cuando se está refiriendo a desviaciones de la frontera de eficiencia (Leiton, 2007).
- IV. No paramétricos: dentro de esta categoría es en la que nos vamos a centrar ya que, a través de estas técnicas de medición de la eficiencia, con metodologías de frontera se encuentra el análisis matemático llamado DEA (siglas en inglés del modelo de análisis envolvente de datos), en el cual nos vamos a centrar para medir el grado de eficiencia de un conjunto de unidades de decisión (DMU).

Una vez mencionados los enfoques básicos de modelos de medición de la eficiencia, nos adentraremos en la técnica no paramétrica del análisis de datos y aclararemos teóricamente como trata este modelo a las unidades productivas analizadas.

3.3. El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

Básicamente se trata de una metodología no paramétrica, en la que la programación lineal es usada para medir en cada una de las entidades que analiza la distancia respecto a la frontera eficiente de posibilidades de producción antes explicada. No considerando fluctuaciones aleatorias, todas las desviaciones de la frontera eficiente que observemos en el modelo se van a deber únicamente a la ineficiencia (Sarmientos y Castellano, 2008).

Pues bien, este análisis, al que nosotros llamaremos en este estudio mediante sus siglas en inglés (DEA), consiste en un modelo matemático que analiza distintas entidades o DMU, las DMU antes mencionadas las tomamos en este estudio como entidades o unidades organizacionales que se pueden considerar desde empresas, una organización, personas e incluso países (Restrepo y Villegas, 2006). Estas DMU las consideraremos como unidades “comparables”, en el sentido de que todas ellas emplean el mismo tipo de factores o recursos para realizar y obtener outputs similares, mediante una tecnología equivalente.

Básicamente, el mecanismo del modelo de análisis de datos envolvente (DEA) se basa en que, mediante la elección de unas variables de insumos, y otras variables de outputs o productos de varias DMU escogidas para el estudio y la resolución de problemas de programación lineal se determina el valor de eficiencia de cada DMU.

El DEA como método de trabajo y análisis surgió del trabajo de Charnes, Cooper y Rhodes (1978), desarrollado a partir del trabajo de Farrell (1957), mediante técnicas de programación lineal y que, matemáticamente puede expresarse de la siguiente forma (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978):

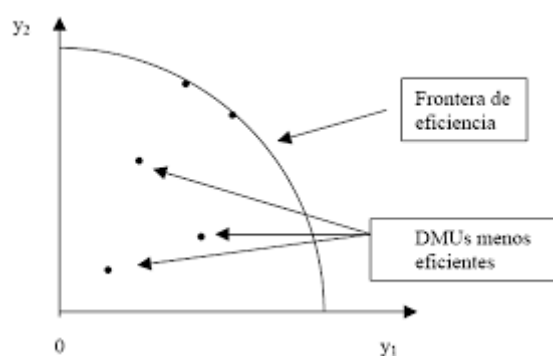
$$h_0 = \frac{\sum_{m=1}^M u_m Y_{m0}}{\sum_{k=1}^K v_k X_{k0}}$$

Donde h_0 sería nuestro valor de eficiencia de la DMU escogida, y que, Y y X tendrían como valor los productos e insumos para cada una de las DMU, al tener múltiples salidas y entradas, construimos unas entradas y salidas virtuales mediante el uso de

ponderaciones de “v” y “u” para cada entrada y para cada salida respectivamente. (Restrepo y Villegas, 2006).

La idea básica y principal del DEA es que una DMU es eficiente si, ninguna de las otras DMU analizadas, producen más outputs utilizando los mismos inputs o producen el mismo nivel de outputs, pero utilizando menos inputs. Con esto, se diferenciarán las DMU que se comportan con eficiencia de aquellas que no; así, las unidades eficientes irán formando la llamada “frontera de producción” antes descrita.

Gráfica 10. Frontera de eficiencia



Fuente: Pedraja y Salina (1994).

Las DMU que se encuentran debajo de la frontera y mantienen distancia de ella no serían eficientes. Las localizadas sobre la misma son consideradas eficientes (Figuerola, 2017).

Mediante la expresión matemática del modelo DEA, los valores obtenidos sólo se consideran eficientes si son iguales a 1, que, por ende, son los que se encontraran en la curva de la frontera de eficiencia.

La eficiencia técnica puede diferenciarse en: eficiencia tecnológica global, eficiencia técnica pura y eficiencia técnica de escala, las cuales pueden obtenerse a partir de varios modelos de estimación dentro de la metodología DEA (Del Río, Reque y Martínez, 2019):

- La eficiencia técnica global no tiene en cuenta las diferentes escalas de las unidades comparadas, este índice se calcula mediante el modelo CCR (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). Para conseguir el objetivo de conocer el origen de la posible ineficiencia, este índice se desglosa a su vez en dos apartados más: la eficiencia de escala y la eficiencia técnica pura.
- La eficiencia técnica pura es una eficiencia técnica que considera rendimientos de escala variable y que se calcula a partir del modelo BCC también llamado VRS

por la forma de frontera que se forma con este modelo, que adoptaría una forma conexas al ser ésta de escala variable (Banker et al 1984).

- Finalmente, la eficiencia de escala hace referencia a si una DMU opera en las condiciones, dimensión o el tamaño óptimo.

3.3.1. Modelo CCR.

Detallando en primer lugar el modelo CCR se debe indicar que trata de un modelo bajo la premisa de rendimiento constante de escala, lo que significa que la forma de la frontera de eficiencia será recta (tendrán una pendiente constante). Esto se debe a que todas las DMU analizadas son consideradas homogéneas en relación a su escala y tamaño (Restrepo y Villegas, 2006).

Adentrándonos en la explicación del modelo, como antes mencionamos a forma de introducción del modelo DEA, suponiendo que cada DMU de las “n” analizadas, consume distintas cantidades de entradas para realizar o producir un número determinado de salidas, como todas ellas consumen múltiples entradas y producen múltiples salidas se construyen salidas y entradas virtuales usando ponderaciones “u” y “v” respectivamente. Suponiendo que consumen una cantidad de “x” entradas y producen una cantidad de “y” salidas; obtendríamos entonces un problema de optimización que sería el siguiente (Charnes et al, 1978), todo esto, estando sujeto a que h_0 sería menor o igual que el valor de 1:

$$h_0 = \frac{\sum_{m=1}^M u_m Y_{m0}}{\sum_{k=1}^K v_k X_{k0}}$$

Al no haber multiplicadores conocidos, (Charnes et al 1978) estimaron multiplicadores apropiados para una DMU dada mediante la resolución de un programa no lineal. La eficiencia técnica de h_0 , vendría dada por el resultado de un programa de optimización fraccional que sería básicamente la anterior expresión, pero estando sujeta a una restricción, la cual consiste en:

$$e_0 = \max \sum_r u_r y_{ro} / \sum_i v_i x_{io}$$

$$\text{s.t. } \sum_r u_r y_{rj} - \sum_i v_i x_{ij} \leq 0, \text{ all } j$$

Donde “e” básicamente sería un valor específicamente diseñado para hacer que todas las variables cumplan con la característica de que sean positivas (Cook y Seiford, 2009).

Previamente Charnes y Cooper (1962) propusieron un procedimiento para convertir a un problema de programación lineal el anterior problema expuesto (ya que el anterior era de optimización fraccional), y lo harían introduciendo una nueva restricción, que mediante un problema dual orientado a los inputs quedaría nuestro modelo, llamado CCR-I de la siguiente forma:

$$\text{Min } \theta_o = \theta$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta x_{io}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

Siendo m entradas (X_{ij}) y generando s salidas (Y_{rj}), para lograr el modelo se escoge una DMU virtual que viene a ser una combinación lineal de todas las DMU de nuestro estudio, compuesta por las variables λ_j . Se diría entonces que una DMU es eficiente siempre que el valor de θ es 1. En caso contrario, si el valor no es de 1, diríamos que su “eficiencia” es del $\theta\%$ (Restrepo y Villegas, 2006). Es decir, en caso de que el valor de θ no sea 1, el dato distinto a 1 que se haya obtenido, estará indicando el porcentaje de recursos o inputs que debe consumir esa DMU en sus entradas para llegar a ser eficiente. Ya que recordemos que, con la medida de eficiencia dirigida a los inputs, el objetivo es la minimización de la utilización de recursos o insumos posible para llegar a un nivel dado de outputs; en ese caso, si nuestra DMU la estamos estudiando y comparando con su DMU referente (ya que ambas producen un número de “x” outputs), la que produzca ese número con una menor cantidad de inputs implicados en el proceso productivo sería la más eficiente, y por tanto se encontraría en la frontera de eficiencia. Si está dirigido al input nuestro modelo para la DMU, significa que puede surgir una modificación de sus entradas, dejando constantes sus salidas.

Este modelo, también puede ir dirigido al output, es decir, al estar trabajando con problemas de programación lineal, es posible obtener un modelo DEA orientado a las salidas, que obtendríamos si minimizamos el inverso del primer problema de

optimización (expresión 1), y tras eso, realizamos su problema dual. Tras esos dos procedimientos, el modelo que obtendríamos sería el siguiente: CCR-O.

$$\text{Max } \eta_o = \eta$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \eta y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

η libre

En este modelo, la DMU puede ser modificada en sus salidas dejando constantes sus entradas, y el modelo CCR-O, tiene como fin la maximización de la salida que puede ser obtenida, teniendo ya dado un nivel máximo de entradas. (Restrepo y Villegas, 2006). Y nos indicaría el termino de expansión necesaria que debe tener la DMU en sus salidas para conseguir llegar a ser eficiente (es decir, la cantidad, porcentaje o nivel necesario que necesita obtener dicha DMU para conseguir el nivel de eficiencia, que sería el valor de 1).

3.3.2. Modelo BCC.

Una vez mencionado y explicado teóricamente el modelo CCR orientado tanto a los inputs como a los outputs con los que trabajaremos en este estudio y que aplicaremos su metodología de análisis a un determinado número de varias DMU, pasaremos a explicar el otro modelo con el que trabajaremos que es el BCC en su defecto VRS (análisis bajo rendimientos de escala variable).

El motivo de ser un modelo con rendimientos de escala variable radica en que no todas las DMU escogidas presentan el mismo tamaño o escala. Bajo esta premisa las DMU estudiadas se analizan por subgrupos de similar tamaño y la frontera de eficiencia consigue una forma convexa. En este caso se restringen los valores de λ para lo cual se

introduce una nueva restricción a los modelos CCR, restricción que sería la siguiente (Restrepo y Villegas, 2006):

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Por lo cual, los modelos BCC tanto orientados al input (BCC-I) como orientados al output (BCC-O) tendrían el mismo tipo de problema de optimización que los modelos CCR-I y CCR-O respectivamente, pero con la característica de que esta nueva restricción tendría que estar incluida dentro del modelo.

Es por esta restricción que la forma de la frontera de eficiencia en el BCC es convexa, haciendo esto que las DMU analizadas con este modelo, posean una mayor eficiencia que si son objeto de estudio de los modelos CCR, ya que, en este modelo BCC al tener la frontera una forma curva, esa curvatura implica que las DMU ineficientes tendrían que recorrer una distancia menor para llegar a dicha frontera, esto es, deben de realizar un menor esfuerzo para llegar a la frontera de eficiencia.

4. ANÁLISIS EMPÍRICO

4.1. Selección de la muestra

Para la aplicación de la metodología del análisis envolvente de datos se ha optado como objeto de estudio por una muestra de 25 almazaras de la comunidad autónoma de Andalucía ya que es la zona que alcanza la mayor producción de aceite de oliva y con mayores rendimientos en comparación con el resto de países fabricantes de este producto. La muestra ha sido seleccionada con los siguientes criterios (tabla 4):

Tabla 4. Resumen de criterios de búsqueda de la muestra

CRITERIOS DE SELECCIÓN
ACTIVIDAD: Fabricación de aceite de oliva
FORMA JURÍDICA: Personas jurídicas (Sociedad Cooperativa, Sociedad Limitada y Sociedad Anónima)
ÚLTIMO AÑO DISPONIBLE: 2019
ZONA: Andalucía
Nº DE TRABAJADORES: No inferior a 20 trabajadores
CRITERIO ECONÓMICO: ingresos por ventas

Fuente: Elaboración propia.

Contando con esos criterios se ejecutó una criba en la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos), con el resultado final de una selección de las 25 almazaras andaluzas con las mayores cifras de ingresos por ventas, integrando en estos ingresos las cuantías de ventas, prestaciones de servicios y resto de ingresos procedentes de la actividad ordinaria. Dicha base de datos, supone un instrumento de trabajo para la búsqueda de información financiera de las principales empresas españolas y portuguesas, que muestra datos de más del 95% de las compañías de las comunidades autónomas de España, suministrando principalmente balances y datos cualitativos de las mismas. Esta herramienta de trabajo elaborada por INFORMA D&B con el apoyo de Bureau Van Dijk, proporciona la ayuda necesaria para la búsqueda de cualquier listado de empresas. La muestra quedó compuesta por las siguientes empresas (tabla 5):

Tabla 5. Almazaras andaluzas seleccionadas para el estudio

Entidad	Zona proveniente
DCOOP S.C. AND	ANTEQUERA (MÁLAGA)
MIGASA ACEITES S.L.	DOS HERMANAS (SEVILLA)
SOVENA ESPAÑA S.A.	BRENES (SEVILLA)
ACEITES DEL SUR S.A.	VILCHES (JAEN)
DEOLEO (S.A.)	CORDOBA
FJ SANCHEZ SUCESORES S.A.	SORBAS (ALMERÍA)

S.C. AND ALMAZARAS DE LA SUBBETICA	CARCABUEY (CORDOBA)
ACTIVIDADES OLEICOLAS S.A.	DOS HERMANAS (SEVILLA)
OLEICOLA EL TEJAR NTRA SRA DE ARACELI S.C. ANDALUZA	BENAMEJI (CORDOBA)
ROMERO ALVAREZ S.A.	SEVILLA
OLEO VERDE S.L.	DOS HERMANAS (SEVILLA)
ACEITES SIERRA SUR S.A.	PINOS PUENTE (GRANADA)
MOLINO DEL GENIL S.L.	CORDOBA
ANTONIO CANOS E HIJOS S.A.	LUQUE (CORDOBA)
LA RENTILLA S.L.	MONTILLA (CORDOBA)
GOYA EN ESPAÑA S.A.	ALCALA DE GUADAIIRA (SEVILLA)
SABOROLIVA S.L.	BAENA (CORDOBA)
ACEITES FUENTEGRANDE S.A.	ALMEDINILLA (CORDOBA)
CAPRICO ANDALUZ S.L.	CABRA (CORDOBA)
S.C. AND OLIVARERA LA PURISIMA	ARCHIDONA (MALAGA)
FITAGRO GRUPO S.L.	CORDOBA
TORRES MORENTE S.A.	ESCUZAR (GRANADA)
ACEITUNAS TORRENT S.L.	CORDOBA
SAN MIGUEL ARCANGEL S.A.	VILLANUEVA DEL ARZOBISPO (JAEN)
EXPLOTACIONES JAME S.L.	VILLA TORRES (JAEN)

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Caracterización del modelo aplicado

Para la ejecución del análisis y dentro de la metodología del análisis envolvente de datos se aplican los modelos CCR y BCC, nombres derivados de las iniciales de los autores de los mismos (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978 y Banker, Charnes y Cooper, 1984), de forma respectiva. En el primero se realiza una comparación de todas las empresas entre sí, independientemente del tamaño de las mismas. En el segundo se realiza con las empresas de similar dimensión.

Ambos modelos matemáticos mediante la programación lineal, y una orientación enfocada a los inputs u outputs de un grupo de DMU's analizadas, permiten calcular varios tipos de eficiencia. Se considera eficiente una entidad analizada cuando su puntuación de eficiencia es la unidad, mientras que un valor inferior revela algún grado de ineficiencia. Entre los dos enfoques que pueden adoptar tanto el modelo CCR como el BCC hacia la maximización del output o la minimización de input, en este estudio se ha optado por la primera. De este modo se podrá calcular cuánto tiene que aumentar la cantidad de outputs de una DMU para llegar a ser eficiente sin alterar su cantidad de inputs utilizados.

A continuación, se recoge la formulación del modelo CCR-O:

$$\text{Max } \eta_o = \eta$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq x_{io}, \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \eta y_{ro}, \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n$$

η libre

Donde X_{ij} y Y_{rj} representan los vectores que componen las cantidades de inputs (i) consumidas y de outputs (r) producidas por la entidad o DMU_j , una entidad virtual que viene a ser una combinación lineal de todas las DMU de nuestro estudio, compuesta por las variables λ_j . El modelo BCC tiene el mismo planteamiento, solamente con la diferencia de que se le realiza una inclusión de la restricción que se muestra a continuación:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

4.3. Selección de las variables

La elección de las variables a estudiar para cualquier análisis o investigación deben de ir en concordancia con el fin de dicho análisis. En el caso de tratarse ese fin de analizar la eficiencia y utilizando para ello el modelo de análisis envolvente de datos (DEA), se precisarán como variables una serie de inputs y outputs que permitan construir la frontera de eficiencia. Para ello, se han escogido los inputs y outputs siguientes:

Tabla 6. Elección de variables incorporadas en el estudio

INPUTS	OUTPUTS
✓ Número de trabajadores de la empresa	✓ Importe cifra de ventas
✓ Inmovilizado material	

Fuente: Elaboración propia.

Las variables seleccionadas han sido elegidas por la disponibilidad de los datos y por su relación con la eficiencia del proceso productivo. En una almazara, en la que hoy día todo el proceso de producción está tan mecanizado, el inmovilizado material supone un factor fundamental en las cadenas de producción que se forman en este tipo de entidades. De igual manera es un factor indispensable la mano de obra competente para la correcta utilización, supervisión y conocimiento de la maquinaria y su óptimo proceso de funcionamiento, así como para la realización de las tareas de limpieza diaria y organización. La tabla 7 presenta los valores de cada una de las variables seleccionadas para la aplicación del análisis empírico.

Tabla 7. Listado DMU's y datos de las mismas (año 2019)

NOMBRES ALMAZARAS (DMU)	OUTPUTS	INPUTS	
	<i>Importe neto de la cifra de ventas</i>	<i>N.º empleados</i>	<i>Inmovilizado material</i>
DCOOP S.C. AND	1.009.103.549,00 €	622	123.661.289,00 €
MIGASA ACEITES S.L.	651.859.567,00 €	145	20.320.375,00 €
SOVENA ESPAÑA S.A.	537.987.336,00 €	263	22.771.553,00 €
ACEITES DEL SUR- COOSUR S.A.	524.713.710,00 €	414	48.526.659,00 €
DEOLEO S.A.	413.610.000,00 €	295	31.004.000,00 €
FJ SANCHEZ SUCESORES S.A.	204.488.194,00 €	89	19.882.489,00 €
S.C. AND ALMAZARAS DE LA SUBBETICA	152.639.569,00 €	81	15.561.236,00 €
ACTIVIDADES OLEICOLAS S.A.	71.044.998,00 €	42	6.559.273,00 €
OLEICOLA EL TEJAR NTRA SRA DE ARACELI S.C. ANDALUZA	67.249.362,00 €	292	96.129.800,00 €
ROMERO ALVAREZ S.A.	54.424.693,00 €	95	19.876.345,00 €
OLEO VERDE S.L.	52.744.698,00 €	26	12.962.701,00 €
ACEITES SIERRA SUR S.A.	50.182.646,00 €	65	9.394.487,00 €
MOLINO DEL GENIL S.L.	43.297.160,00 €	25	6.506.217,00 €
ANTONIO CANO E HIJOS S.A.	38.092.187,00 €	45	9.660.693,00 €
LA RENTILLA S.L.	32.307.758,00 €	42	10.167.439,00 €
GOYA EN ESPAÑA S.A.U.	26.936.158,00 €	25	16.474.684,00 €
SABOROLIVA S.L.	25.239.174,00 €	27	4.661.239,00 €
ACEITES FUENTEGRANDE S.A.	23.902.200,00 €	26	21.136.826,00 €
CAPRICO ANDALUZ S.L.	23.841.898,00 €	64	2.732.948,00 €

S.C. AND OLIVARERA LA PURISIMA	23.200.462,00 €	34	6.132.335,00 €
FITAGRO GRUPO S.L.	23.005.567,00 €	30	13.125.892,00 €
TORRES MORENTE S.A.	22.171.619,00 €	113	20.207.901,00 €
ACEITUNAS TORRENT S.L.	15.518.834,00 €	71	15.229.236,00 €
SAN MIGUEL ARCANGEL S.A.	14.488.966,00 €	58	12.122.627,00 €
EXPLOTACIONES JAME S.L.	14.375.593,00 €	22	1.754.957,00 €

Fuente: Elaboración propia. Datos: SABI.

A continuación, se muestra en la tabla 8 la estadística descriptiva de las variables que componen el estudio de eficiencia. Observando las medias de dicha tabla, podríamos destacar la grandiosa cuantía de cifra de ventas que se obtiene (164.657.035,92 €) con una cifra relativamente baja de empleados (120,44) si se comparan entre ellas, acentuando dichos datos la importancia que posee en la actualidad el inmovilizado material de una almazara para obtener unos rendimientos satisfactorios.

Tabla 8. Estadística descriptiva de las variables del estudio

	OUTPUT	INPUTS	
	<i>Importe neto de Cifra de Ventas</i>	<i>N.º empleados</i>	<i>Inmovilizado material</i>
MÁXIMOS	1.009.103.549 €	622	123.661.289 €
MÍNIMOS	14.375.593 €	22	1.754.957 €
MEDIAS	164.657.035,92 €	120,44	22.662.528,04 €

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Resultados del modelo de eficiencia

A partir de los valores de las variables seleccionadas y la aplicación de los modelos CCR y BCC (ambos orientados y enfocados a los outputs) a través del programa DEA-Solver se han obtenido los distintos resultados e índices de eficiencia.

El modelo CCR permite calcular la eficiencia técnica global (ETG). En el caso de los valores de eficiencia aportados por el modelo BCC se corresponden con la eficiencia pura (ETP). Mientras que los primeros se obtienen de la comparación de las empresas independientemente de su dimensión, en el caso de los segundos se realiza a partir de la comparación con las que tienen una dimensión similar. Por último, se valorarán los índices de eficiencia de escala (EE), obtenidos de la división de los índices de eficiencia

técnica global y los de eficiencia pura. En los tres casos un valor de eficiencia de 1 indica que esa DMU es eficiente, al contrario de si su valor es inferior a 1.

La tabla 9 y la gráfica 11 contienen el valor de las puntuaciones de eficiencia de cada empresa que compone la muestra seleccionada:

Tabla 9. Índices de eficiencia global, pura y de escala de las DMU

N.º	DMU	EFICIENCIA TÉCNICA GLOBAL (modelo CCR)	EFICIENCIA PURA (modelo BCC)	EFICIENCIA DE ESCALA (CCR/BCC)
1	DCOOP S.C. AND	0,3608	1	0,3608
2	MIGASA ACEITES S.L.	1	1	1
3	SOVENA ESPAÑA S.A.	0,7364	0,8147	0,9039
4	ACEITES DEL SUR- COOSUR S.A.	0,3370	0,7002	0,4813
5	DEOLEO S.A.	0,4158	0,6004	0,6925
6	FJ SANCHEZ SUCESORES S.A.	0,5110	0,5527	0,9245
7	S.C. AND ALMAZARAS DE LA SUBBETICA	0,4191	0,4638	0,9037
8	ACTIVIDADES OLEICOLAS S.A.	0,3762	0,5748	0,6545
9	OLEICOLA EL TEJAR NTRA SRA DE ARACELI S.C.	0,0512	0,0883	0,5804
10	ROMERO ALVAREZ S.A.	0,1274	0,1360	0,9368
11	OLEO VERDE S.L.	0,4512	1	0,4512
12	ACEITES SIERRA SUR S.A.	0,1717	0,2083	0,8240
13	MOLINO DEL GENIL S.L.	0,3852	1	0,3852
14	ANTONIO CANO E HIJOS S.A.	0,1882	0,2621	0,7183
15	LA RENTILLA S.L.	0,1711	0,2472	0,6921
16	GOYA EN ESPAÑA S.A.U.	0,2396	0,6220	0,3852
17	SABOROLIVA S.L.	0,2079	0,5371	0,3870
18	ACEITES FUENTEGRANDE S.A.	0,2044	0,4531	0,4512
19	CAPRICO ANDALUZ S.L.	0,2719	0,4971	0,5470
20	S.C. AND OLIVARERA LA PURISIMA	0,1517	0,2743	0,5531
21	FITAGRO GRUPO S.L.	0,1705	0,3158	0,5399
22	TORRES MORENTE S.A.	0,0436	0,0452	0,9660
23	ACEITUNAS TORRENT S.L.	0,0486	0,0556	0,8739

24	SAN MIGUEL ARCANGEL S.A.	0,0556	0,0684	0,8127
25	EXPLOTACIONES JAME S.L.	0,2553	1	0,2553

Fuente: Elaboración propia. Datos: Resultados de DEA-Solver.

Como podemos observar, las almazaras que se consideran eficientes en cuanto a su nivel de outputs son muy pocas (tabla 10).

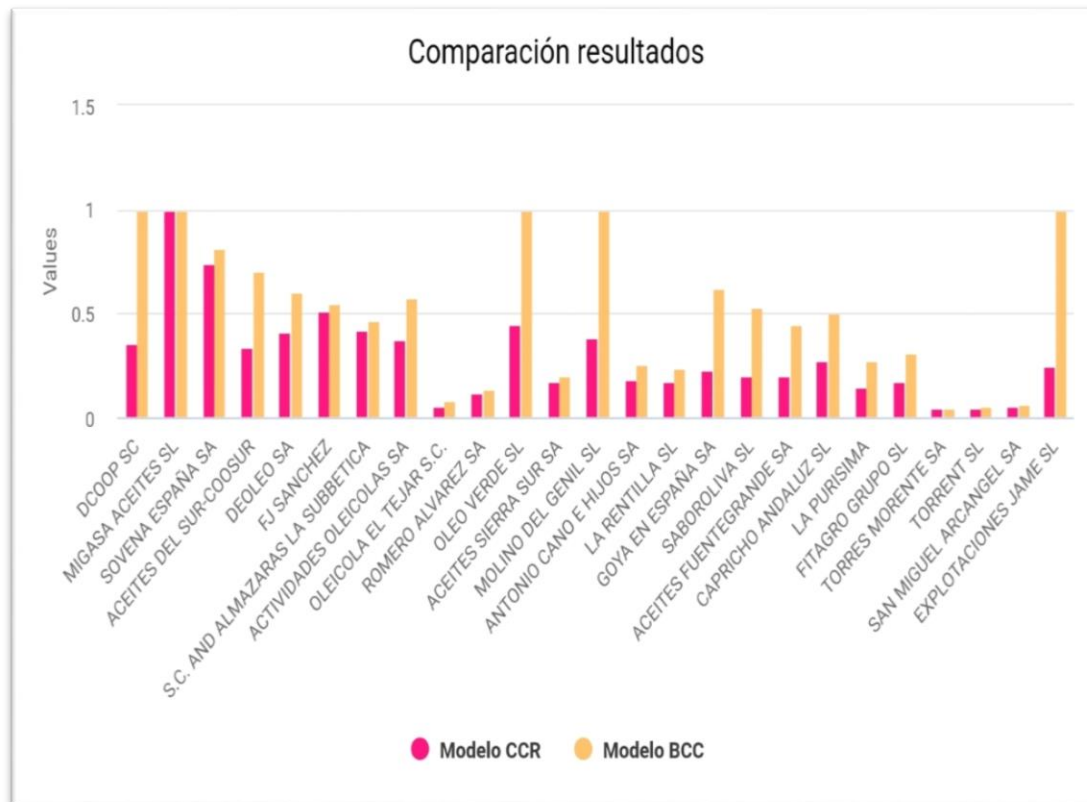
Los resultados reflejados en la tabla 10 señalan que tan sólo una de las DMU de la muestra seleccionada sería eficiente en el modelo CCR (Migasa Aceites S.L.), obteniendo de esta manera una eficiencia pura completa y por ende de escala, ya que ésta última sería el cociente de los índices de eficiencia resultantes de los modelos anteriores. Por tanto, podría decirse de Migasa Aceites S.L. que es eficiente en cuanto a la producción (u obtención de outputs) comparándola con las demás entidades, y que está operando en el tamaño óptimo de escala.

Si se atiende a los datos obtenidos por el modelo BCC el número de DMU's eficientes crece, en comparación con el anterior (gráfica 11), siendo éstas un total de 5 (tabla 10), dichas DMU's que sólo presentan el dato de eficiencia en este modelo reflejan que están actuando eficientemente en la asignación de recursos o inputs, pero no lo están haciendo en el ámbito de sus niveles de producción.

Tabla 10. Cómputo del número de almazaras eficientes (año 2019)

	DMU's EFICIENTES	%
MODELO CCR	1	4%
MODELO BCC	5	20%

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 11. Valores comparados de modelo CCR y BCC (año 2019)

Fuente: Elaboración propia.

Para un mayor resumen, se muestra la estadística descriptiva de las puntuaciones de eficiencia obtenidas (tabla 11) a partir de los modelos CCR y BCC, así como las de escala, siendo el nivel medio de eficiencia de escala el más elevado (un 65,12%) que puede traducirse como un leve acercamiento de las DMU's de la muestra a su escala optima de operaciones. Las medias de eficiencia del modelo CCR serían de un 29,4%, lo cual se considera un porcentaje escaso que indicaría que la mayoría de las entidades, deberían progresar en la obtención de sus niveles de outputs sin alterar los de inputs.

Tabla 11. Puntuaciones de eficiencia de ambos modelos

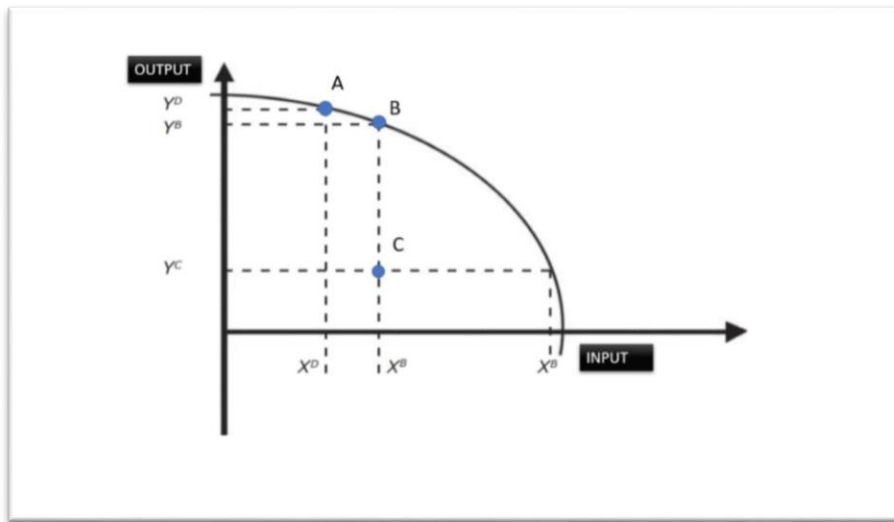
	MODELO CCR	MODELO BCC	EFICIENCIA DE ESCALA
N.º DMU's	25	25	25
MÁXIMO	1	1	1
MÍNIMO	0,0436	0,0452	0,2553
MEDIA	0,2941	0,5007	0,6512
N.º DMU's EFICIENTES	1	5	1

Fuente: Elaboración propia. Datos: DEA-Solver.

4.5. Referencia

Para completar los resultados obtenidos por el programa DEA-Solver y poder sacar mayores conclusiones del estudio se aportarán las referencias de las unidades de decisión (DMU's) que se han considerado, esto es, la unidad de decisión a la que tendría que alcanzar cada empresa ineficiente en cuanto a niveles de outputs obtenidos e inputs aplicados a través de una mejor gestión para llegar a ser eficiente.

Gráfica 12. Ejemplo de valores de referencia



Fuente: Varian (1992). Elaboración propia.

En la gráfica 12 se observa cómo la DMU B se consideraría referente de la DMU C, puesto que obtiene un nivel superior de output aplicando a su proceso productivo la misma cuantía de input que ésta, logrando estar en la frontera de eficiencia. Para que la unidad de decisión C se considerase eficiente, tendría que alcanzar los niveles de producción de outputs de la unidad B, sin alterar sus niveles actuales de empleo de inputs a su actividad productiva.

La gráfica 12 recoge las DMU's de referencia para cada DMU ineficiente, de forma que puedan resultar modelo de buenas prácticas.

Tabla 12. Unidades de decisión de referencia de las almazaras ineficientes

N.º	DMU	DMU DE REFERENCIA
1	SOVENA ESPAÑA S.A.	DCOOP S.C
2	ACEITES DEL SUR-COOSUR S.A.	DCOOP S.C.

3	DEOLEO S.A.	DCOOP S.C.
4	FJ SANCHEZ SUCESTORES S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
5	S.C. AND ALMAZARAS DE LA SUBBETICA	MIGASA ACEITES S.L.
6	ACTIVIDADES OLEICOLAS S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
7	OLEICOLA EL TEJAR NTRA SRA DE ARACELI S.C. ANDALUZA	DCOOP S.C.
8	ROMERO ALVAREZ S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
9	ACEITES SIERRA SUR S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
10	ANTONIO CANO E HIJOS S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
11	LA RENTILLA S.L.	MIGASA ACEITES S.L.
12	GOYA EN ESPAÑA S.A.U.	OLEO VERDE S.L.
13	SABOROLIVA S.L.	MIGASA ACEITES S.L.
14	ACEITES FUENTEGRANDE S.A.	OLEO VERDE S.L.
15	CAPRICO ANDALUZ S.L.	MIGASA ACEITES S.L.
16	S.C. AND OLIVARERA LA PURISIMA	MIGASA ACEITES S.L.
17	FITAGRO GRUPO S.L.	MIGASA ACEITES S.L.
18	TORRES MORENTE S.A.	MIGASA ACEITES S.L.
19	ACEITUNAS TORRENT S.L.	MIGASA ACEITES S.L.
20	SAN MIGUEL ARCANGEL S.A.	MIGASA ACEITES S.L.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 13 puede observarse como la DMU más referenciada es Migasa Aceites S.L. siendo referente en 14 ocasiones (caso lógico puesto que es la única DMU que obtiene un índice de eficiencia técnica global en el estudio), seguida de la entidad DCOOP S.C. siendo referente de 4 entidades, y la almazara Oleo Verde S.L. que se consideraría referente de 2 DMU's.

Tabla 13. Almazaras referentes

DMU REFERENTE	Nº DE VECES REFERENCIADA	%
DCOOP S.C.	4	20%
MIGASA ACEITES S.L.	14	70%
OLVEO VERDE S.L.	2	10%

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIÓN

Como finalización del estudio, en el que se ha analizado la eficiencia de 25 almazaras andaluzas del sector olivarero en el año 2019, este epígrafe pretende evidenciar de forma resumida las ideas primordiales que pueden extraerse de los resultados originados por el método DEA con la información facilitada por la base de datos SABI.

El análisis estima para cada entidad la eficiencia técnica global de la cual se desgaja la eficiencia técnica pura y la eficiencia de escala, arrojando valores reducidos en una gran parte de las almazaras analizada. De la muestra seleccionada de 25 DMU's, solamente una se ha considerado completamente eficiente desde el punto de vista de la eficiencia global, Migasa Aceites S.L., y la eficiencia técnica global promedio de las almazaras ha sido de un 29,41 %, reflejando este dato una ineficiencia de las almazaras del 70,59%. Este dato puede deberse a varios factores. Uno de los factores que merece mención, es la consideración de la información contable facilitada y disponible para el estudio, puesto que en el ámbito output, las cifras de ventas de una almazara dependerán en buena parte de la calidad de la aceituna recolectada y del tipo de aceite de oliva extraído y vendido. Esto puede traducirse en el hecho de que una entidad que haya molturado más fruto que otra, obtenga menos ingresos de ventas por vender un aceite de menor calidad.

En cuanto a los índices de eficiencia técnica pura (arrojados por el modelo BCC) su media ha sido de un 50%, siendo su porcentaje restante de ineficiencia atribuible a una combinación no óptima de los recursos aplicados al proceso productivo. Por otro lado, las cifras de los índices de eficiencia de escala, han obtenido la media más alta del estudio (0,6512), un 65,12%, lo cual significa que las entidades estudiadas poseen una ineficiencia del 34,88% debido a la escala o tamaño de sus producciones.

Migasa Aceites S.L., además de ser eficiente representa la DMU de referencia para la mayoría de las entidades, siendo ejemplo de buenas prácticas de gestión para que estas puedan mejorar su proceso de producción. La eficiencia de Migasa Aceites S.L puede deberse a varias circunstancias como la experiencia, la localización de sus plantas (factor fundamental en este tipo de actividad), ya que cuenta con un total de 7 sucursales situadas en puntos clave de manera estratégica y la forma de distribuir sus productos, ya que esta entidad sirve distintos tipos de aceite tanto a granel como envasado y en cualquier formato o volumen. La dedicación del presupuesto de una empresa al apartado de I+D también es un elemento favorable actualmente en tiempos de desarrollo y globalización, hecho que

realiza Migasa Aceites S.L., orientándose a nuevos segmentos y nichos de mercado (como es el de la salud al apuntar hacia la prevención de enfermedades crónicas), a la vez que realiza un alto proceso de integración en su fase productiva.

Sería conveniente la realización de futuros estudios de este tipo para el apoyo y el conocimiento de las distintas zonas, no sólo de Andalucía sino del país, que a pesar de presentar buenos datos de producción y ventas, precisan de ayudas y mejoras en ciertos aspectos de la actividad, para poder seguir manteniendo esta excelencia en el sector sobre el resto del mundo.

6. BIBLIOGRAFIA

- Banker, R., Charnes, A., y Cooper, W. (1984), “Some models four estimatic technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, *Management science* 30, pp.1078-1092.
- Belenguer, J. y Tormo, R. (2018), *El libro de la productividad de la empresa española 2018. Como mejorar la productividad de la empresa*, Valencia: RESULTAE.
- Cabrera, M. (2003), *La medición de la eficiencia en las instituciones de la educación superior*, Bilbao: Fundación BBVA.
- Charnes, A., Cooper, W., Rhodes, E. (1978), “Measuring the efficiency of decision making units”. *European journal of operational research* 2, pp. 429-444.
- Coelli, T., Estache, A., Perelman, S y Trujillo, L. (2003), *Una introducción a las medidas de eficiencia para reguladores de servicio público y de transporte*, Bogota: Banco mundial/ALFAOMEGA.
- Coll, V. y Blasco, O. (2006), *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos. Introducción a los modelos básicos*. Universidad de Valencia.
- Cook, D. y Seiford, M. (2009), “Data envelopment analysis (DEA)-Thirty years on”, *European journal of operational research*, 192, pp. 1-17.
- Del Río, J., Reque, J., Martínez, A. (2019), “Evaluación comparativa en la eficiencia técnica de los sistemas de riesgo de brinzales”, *Cuadernos de la SECF* 45(1), pp. 219-230.
- Eslava, J. (2001), *Las rutas del olivo en Andalucía: Masaro en el olivar*, Sevilla: Fundación José Manuel Lara.
- Espínola, F. (1996), Cambios tecnológicos en la extracción del aceite de oliva virgen. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 15(3), pp. 51-56.
- Farrell, M. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency”, *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)* 120, pp. 253- 290.
- Fernández, A. (1927), *Cultivo del olivo en la provincia de Sevilla*, Sevilla: Tip. Zarzuela Editorial.

- Figuerola, W., Barberan, V., Martínez, L. (2017), *La eficiencia económica. Herramientas para gestionar la eficiencia empresarial*. Manabí: Mar abierto.
- Forsund, F. y Hjalmarsson, L (1974), “On the Measurement of Productive Efficiency”, *The Swedish Journal of Economics* 76(2), pp.141-154.
- García, A. (2019), *Almazara para la producción anual de 175t de AOVE, 105t de AOVE procedente de aceituna deshuesada y 18,9t de semillas de aceituna envasadas, D.O Sierra de Segura, en el municipio La Puerta de Segura (Jaén)*. Proyecto Fin de Carrera / Trabajo Fin de Grado, E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Kiritsakis, A.K. (1992), *El aceite de oliva*. Madrid: A. Madrid.
- Leitón, J. (2007), *Modelos de eficiencia económica: el transporte ferroviario. Eficiencia económica y su medición*. Bolivia: La Paz.
- López, A. (1978), “Medio físico e historia como conformadores del latifundio andaluz”, *Agri- cultura y Sociedad*, nº 9, pp. 235-255.
- March, L. y Rios, A. (1989), *El libro del aceite y la aceituna*. Madrid: Alianza editorial.
- Marmolejo, J. A., Rodríguez, R., Cedillo, M. y Salazar, M. S. (2015), “Techinal efficiency of thermal power units througs a stochastic frontier”, *DYNA*, 82(191), pp. 63-64.
- Martínez, D. J (2017), *Estudio de viabilidad para la creación de una almazara ecológica. Historia Agraria*. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena: industriales etsii UPCT.
- Pedraja, F. y Salinas, J. (1994), “El análisis envolvente de datos (DEA) y su aplicación al sector público: Una nota introductoria”, *Ministerio de Economía y Hacienda Pública Española* 12, pp. 117-131.
- Restrepo, M. I. y Villegas, J. (2006), “Análisis envolvente de datos: Introducción y herramienta pública para su utilización en el ámbito universitario”. *Revista de facultad de ingeniería. Universidad de Antioquia*, 147 (1), pp. 109-141.
- Sarmiento, R. y Castellanos, P. (2008), “La eficiencia económica: una aproximación teórica”, *Cuadernos latinoamericanos de administración*, 4(7), pp. 19-28.
- Varian, H. (1992), *Microeconomic analysis*. New York: W.W. Norton and company.

Villar, J., Moya, M., y Espinóla, F. (2005), Orígenes, evolución y actual tendencia del sector oleícola-olivarero. Congreso de Cultura del Olivo, Jaén, octubre, 441-455.

Zambrana, J. F. (1987), *Crisis y modernización del olivar español, 1870-1930*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: SEHA.