

TRABAJO FIN DE MÁSTER

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

*“Viabilidad de la intermodalidad en el
transporte de hortícolas”*



MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Septiembre 2018

Alumna:
Lucía Aballay

Director:
Juan Carlos Pérez Mesa

AGRADECIMIENTOS

A todos los profesores, compañeros de trabajo, becarios, investigadores y jefes con los que me he cruzado estos seis años de universidad, especialmente a aquellos que me dieron dolores de cabeza y me llenaron de dudas y sospechas. Gracias por ayudarme a crecer tanto en lo personal como en lo profesional.

A mí tutor, Juan Carlos Pérez Mesa, por darme la oportunidad de trabajar con él, por confiar en mí y por todos los desayunos que hemos compartido.

A mis amigos, porque estoy deseando volver a celebrar este título con ellos.

A Luis, por convencerme para dar el último tirón.

A mis padres, por todo.

A mi hermano, para que me dedique el suyo.

INDICE DE CONTENIDOS

1. INTERÉS Y OBJETIVOS.....	8
1.1. Introducción.....	9
1.2. Interés.....	12
1.3. Objetivos.....	13
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	14
2.1. La gestión de la cadena de suministro de perecederos	15
2.2. Sector de análisis: el transporte de hortalizas desde Almería	17
2.2.1. El sector hortícola español y almeriense	17
2.2.2. El transporte internacional de mercancías	27
2.2.2.1. El transporte por carretera	32
2.2.2.2. El transporte ferroviario.....	36
2.2.2.3. El transporte aéreo.....	42
2.2.2.4. El transporte marítimo	46
2.2.2.5. La intermodalidad	53
3. MATERIALES Y MÉTODOS	56
3.1. Planteamiento	57
3.2. Estudios.....	58
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
4.1. Estudio A: Probabilidad de implantación	61
4.1.1. Discusión	62
4.2. Estudio B: Predicción del tránsito futuro de mercancías	63
4.2.1. Discusión	65
4.3. Estudio C: Determinación de puntos finales de descarga óptima	65
4.3.1. Discusión	67

4.4. Estudio D: Análisis de barreras económicas, físicas y ambientales en la implantación de la intermodalidad.	67
4.4.1. Discusión	74
5. CONCLUSIONES.....	76
6. BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXO I: Encuestas	88
ANEXO II: Costes terrestres (€/km)	89
ANEXO III: Velocidades terrestres (km/h)	90
ANEXO IV: Aproximación a la creación de un centro de redistribución en destino	91

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Simplificación de la Cadena de Suministro Hortícola.....	9
Figura 2. Cadena de suministro agroalimentaria.	16
Figura 3. Distribución porcentual de las exportaciones españolas por países.	19
Figura 4. El cluster agroindustrial de la agricultura de Almería.	7
Figura 5. Reparto modal y por sentido del transporte internacional de mercancías en España, con el mundo y por continentes. Año 2016.	29
Figura 6. Reparto modal y por sentido del transporte internacional de mercancías en España, por principales países europeos. Año 2016.	30
Figura 7. RFC 6 – Corredor Mediterráneo.	39
Figura 8. Implicación de la propuesta de Corredor Mediterráneo en el transporte de mercancías.	40
Figura 9. Mapa de las Autopistas del Mar europeas.....	48
Figura 10. Localización de la demanda hortofrutícola almeriense en Europa Occidental.	63
Figura 11. Densidad de población en Europa Occidental. Año 2015.....	64
Figura 12. Aspectos básicos de la GCS	91
Figura 13. Principales estrategias de distribución de mercancía.....	91
Figura 14. Estrategia de distribución analizada.	92
Figura 15. Resultados modelo p-medianas con p=1.	95
Figura 16. Resultados modelo p-medianas con p=2.	95
Figura 17. Reducción de la distancia media en función del nº de instalaciones (p).....	96
Figura 18. Resultados modelo p-centros con p=1.....	96
Figura 19. Resultados modelo p-centros con p=2.....	97
Figura 20. Resultados modelo p-medianas (izquierda) y p-centros (derecha) incluyendo traslados desde origen (Almería).	97

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Principales destinos de las exportaciones españolas de hortalizas. Año 2017. Toneladas.	11
Gráfico 2. Exportaciones hortícolas por provincia. Año 2017. Toneladas.	11
Gráfico 3. Representatividad de Almería respecto del total de exportaciones en España, en porcentaje. Año 2017. Toneladas.	12
Gráfico 4. Superficie y producción por ramas en el sector de frutas y hortalizas.	18
Gráfico 5. Principales hortícolas en Almería. % sobre toneladas. Campaña 2016-2017.	20
Gráfico 6. Evolución de la superficie de cultivo invernada en el litoral de Almería, en hectáreas. Año 2017.	22
Gráfico 7. Porcentaje de exportaciones almerienses sobre el total producido. Toneladas. Campaña 2016-2017.	23
Gráfico 8. Evolución del peso de las exportaciones sobre la producción hortícola almeriense total, en porcentaje. Año 2017.	23
Gráfico 9. Evolución del transporte internacional de mercancías (toneladas) por modos. 2007-2016 (2007=100).	31
Gráfico 10. Evolución del transporte internacional de mercancías por carretera en España.	33
Gráfico 11. Distribución porcentual del transporte internacional de mercancías por carretera. Año 2017.	34
Gráfico 12. Evolución del coste (€/km) de un vehículo frigorífico articulado de 2 ejes cargado.	35
Gráfico 13. Costes aplicados a un vehículo frigorífico de 2 ejes. Año 2017.	36
Gráfico 14. Porcentaje de TMCD de mercancías sobre el transporte marítimo total en 2016. Toneladas.	49
Gráfico 15. Porcentaje de TMCD por zonas marítimas. Año 2016. Toneladas.	50
Gráfico 16. Utilización del transporte marítimo para el transporte de perecederos.	61
Gráfico 17. Razones por las que no se utiliza el transporte marítimo.	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportaciones almerienses por destinos. Campaña 2016-2017.	26
Tabla 2. Ventajas y desventajas del transporte de mercancías por carretera.....	35
Tabla 3. Ventajas y desventajas del transporte de mercancías en ferrocarril.....	41
Tabla 4. Movimiento de mercancías desde los aeropuertos españoles hacia internacionales. Año 2017.	44
Tabla 5. Evolución del tráfico aéreo internacional de mercancías desde el Aeropuerto de Almería. Salidas en kgs.	44
Tabla 6. Ventajas y desventajas del transporte aéreo de mercancías.....	46
Tabla 7. TMCD. Mercancías Ro-Ro según fachada y Autoridad Portuaria. Evolución 2016- 2017. Miles de toneladas.	51
Tabla 8. Ventajas y desventajas del transporte aéreo de mercancías.....	52
Tabla 9. Factores para elegir un sistema de transporte.....	62
Tabla 10. Exportaciones de frutas y hortalizas de Almería y su área de influencia. Año 2017. Toneladas.	64
Tabla 11. Estimación de tránsito según destino. Año 2017. Toneladas.	65
Tabla 12. Posibilidad de rutas Ro-Ro desde la vertiente atlántica y mediterránea.....	66
Tabla 13. Rutas seleccionadas para su análisis desde la vertiente atlántica y mediterránea.	67
Tabla 14. Simulación: Europa Occidental vía océano Atlántico.....	68
Tabla 15. Simulación: Reino Unido vía océano Atlántico.....	70
Tabla 16. Simulación: Europa Occidental vía mar Mediterráneo	71

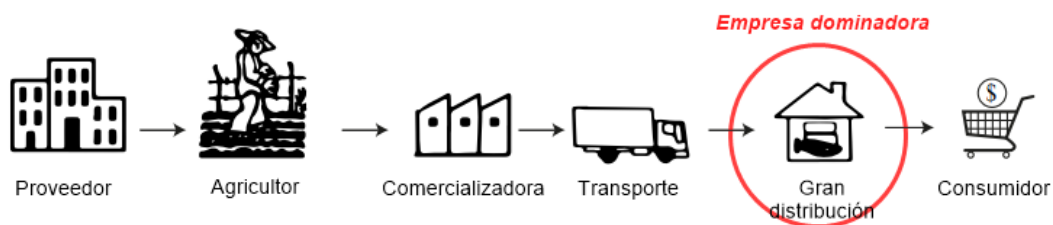
1. INTERÉS Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

El contexto empresarial actual se caracteriza por la existencia de constantes cambios en las exigencias de los consumidores, la incorporación de tecnología y una competencia global intensa. Este marco complica la mejora del desempeño y la obtención de ventajas competitivas entre los agentes de cada sector. Por tanto, el alcance de capacidades diferenciales para el logro de una mayor cuota de mercado y una buena rentabilidad empresarial viene determinado en gran medida por una correcta Gestión de la Cadena de Suministro (GCS); entendida como la coordinación de todas las operaciones para que la mercancía sea producida y distribuida en las cantidades correctas, a los lugares adecuados y en el menor tiempo posible con el objetivo de satisfacer las necesidades del consumidor (Paixao y Marlow, 2007).

Una correcta GCS implica aspectos muy diversos, como transporte, programación de la producción, gestión del almacenamiento, etc., que necesariamente deben ser tratados de forma coordinada y siempre considerando la sostenibilidad como aspecto transversal. Entre los aspectos centrales, se encuentra la gestión eficiente del transporte, más cuando hablamos de productos perecederos. En el caso particular hortícola español, la mejora del transporte debe implicar tanto al exportador como al cliente (gran distribución europea), ya que hoy por hoy alrededor del 80% de todos los tránsitos están gestionado por este último (Pérez-Mesa, 2017).

Figura 1. Simplificación de la Cadena de Suministro Hortícola.



Fuente: Jiménez-Guerrero et al. (2018).

A priori, el transporte de mercancías es un sector extremadamente complejo que ha adquirido una gran importancia al intensificarse el proceso de internacionalización de la economía. Por ello, la competitividad de los países depende en gran medida en la existencia de sistemas de transporte eficientes, lo que hace que evaluar tanto la capacidad actual de los sistemas como las necesidades futuras de inversión sea fundamental para obtener ventajas comparativas en una industria de carácter global. Por todo esto, las políticas europeas se han visto obligadas a intentar reorganizar el patrón modal de transporte como consecuencia de la fuerte congestión de las carreteras (Sakalys y Palsaitis, 2006).

En este contexto, la comodalidad se presenta como una gran alternativa, entendida como utilizar cada modo de transporte para aquello para lo que es más útil, coordinando los diferentes medios de los que se dispone de la mejor manera (Fernández de Alarcón, 2012).

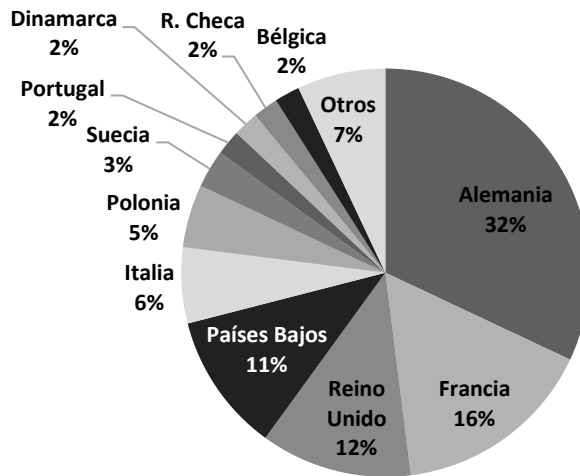
Un ejemplo es la integración del transporte marítimo y terrestre de mercancías, incluido el ferrocarril, en sistemas de transporte complementarios, para lo que es necesario aumentar el transporte marítimo de corta distancia (TMCD) y el desarrollo de las Autopistas del Mar (García Barranco *et al.*, 2016).

Aunque estas ideas llevan planteándose durante años, la realidad es que la demanda de servicios de TMCD integrados en cadenas logísticas está muy por debajo del transporte por carretera, cuya utilización es de preferencia para los operadores (Comisión Europea, 2004; Musso y Marchese, 2002; Paixao y Marlow, 2007). Los motivos para ello incluyen la alta calidad del servicio por carretera puerta a puerta, su flexibilidad para adaptarse a las oscilaciones de oferta y demanda, la calidad de las condiciones en las que se mantienen los productos (temperatura, humedad, atmósfera, etc.) y los precios competitivos (Palao y Salinas, 2007).

Por su parte, el modo de transporte marítimo cuenta con ciertas dificultades, como las limitaciones derivadas de las infraestructuras portuarias, la falta de información y control sobre la carga en el proceso de tránsito, la existencia de un servicio lento y poco frecuente, la falta de flexibilidad para adaptarse a un tráfico irregular o la inviabilidad de cambiar de puerto a corto plazo. Sin embargo, a pesar de los inconvenientes también son muchos los puntos positivos: el menor coste por distancia recorrida, el menor consumo de energía y contaminación, la ausencia de congestiones de tráfico o cortes de carretera, una velocidad esencialmente uniforme y sin interrupciones, la existencia de una capacidad infrautilizada de expansión, y los efectos potenciadores en las actividades auxiliares que crean empleo y crecimiento económico (Paixao y Marlow, 2007; Palao y Salinas, 2007).

El transporte dentro de la GCS debe asegurar el aprovisionamiento de productos agrícolas de calidad desde las zonas productoras hasta el consumidor final. En este sentido, España juega un papel clave como suministrador de frutas y hortalizas, especialmente a la Unión Europea, con un valor de exportaciones que supera los 10.000 millones de euros (MAPAMA, 2017). Los principales destinos de los hortícolas españoles son Alemania, Francia, Reino Unido y Países Bajos, que representan el 70% de la exportación total (Gráfico 1), demandando más de 3,5 millones de toneladas de hortalizas. Estos son productos perecederos por lo que su distribución debe adoptar unas características propias, que pasan por asegurar la calidad del producto hasta el punto de destino (Fundación ICIL, 2014).

Gráfico 1. Principales destinos de las exportaciones españolas de hortalizas. Año 2017. Toneladas.

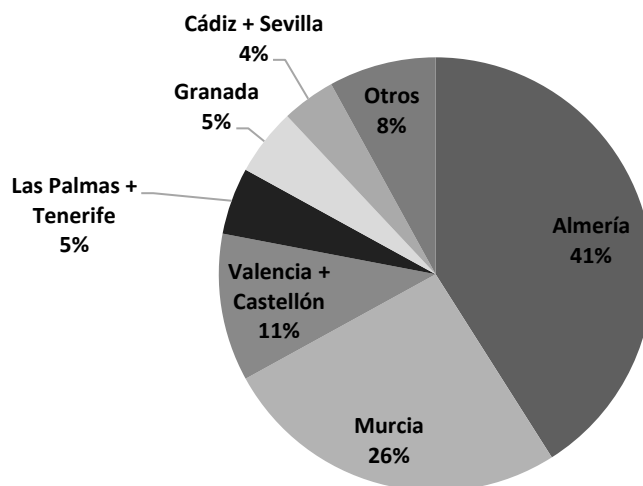


Fuente: Elaboración propia con datos de ICEX (2017).

El principal origen de estos hortalizas se encuentra en el sur y levante de la península (Gráfico 2). En concreto, de Almería, Murcia y Granada proceden el 72% de los mismos, siendo Almería el máximo exponente de la exportación española para la mayoría de sus cultivos (Gráfico 3).

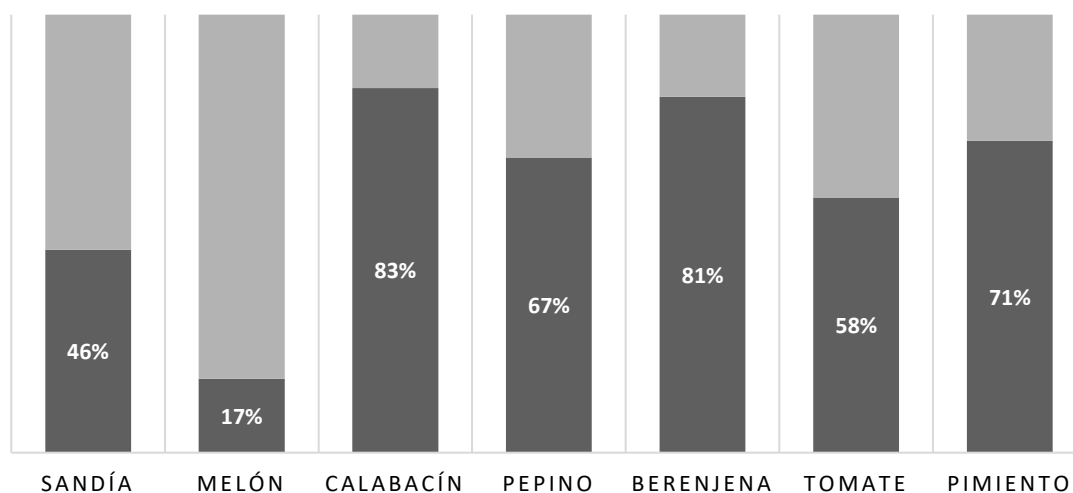
En este contexto, este trabajo se centra en los productos hortalizas comercializados a la UE por el sureste de España, ya que tanto los clientes como los suministradores están fuertemente concentrados.

Gráfico 2. Exportaciones hortícolas por provincia. Año 2017. Toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de ICEX (2017)

Gráfico 3. Representatividad de Almería respecto del total de exportaciones en España, en porcentaje. Año 2017. Toneladas.



Fuente: Elaboración propia con datos de ICEX (2017).

1.2. Interés

En cuanto al interés de este proyecto, se parte de que en la actualidad prácticamente el 98% del tráfico hortícola español se realiza con camión frigorífico. Sin embargo, el aumento tendencial de su coste, las trabas futuras para su utilización (tasas ambientales o limitación de tránsitos) y la dependencia estratégica del sector productor-exportador de ese sistema, hacen necesaria la búsqueda de fórmulas logísticas alternativas (García Barranco *et al.*, 2016). Por consiguiente, el transporte se ha convertido en un factor limitante del crecimiento de las exportaciones, el principal destino de la producción hortícola.

En este sentido, diversos estudios han demostrado que la intermodalidad presenta muchas posibilidades: racionaliza la cadena logística de transporte, reduce el consumo de energía, promueve el adecuado uso de las infraestructuras y disminuye el impacto ambiental aprovechando la capacidad del transporte marítimo y del ferrocarril (EAE, 2015; García Barranco y Pérez Mesa, 2015; Rey Menchaca, 2018).

Por otro lado, desde un punto de vista teórico, este trabajo defiende la relación proveedor-distribuidor como el punto de partida para el análisis de la red, teniendo en cuenta las singularidades del sector. Por ejemplo, en los sectores industriales tanto en el cliente y el proveedor están claramente identificados, mientras que en la comercialización de los productos perecederos se trata de una cuestión más problemática debido a la doble función de comprador-vendedor de ciertos operadores, y al gran número de intermediarios que pueden incluso actuar de manera diferente dependiendo del país en el que operan.

1.3. Objetivos

Por lo tanto, el objetivo principal del trabajo es:

- Aumentar la competitividad de las empresas de comercialización hortofrutícola almerienses mediante el estudio de alternativas logísticas sostenibles, diseñando un cambio modal que reduzca el impacto ambiental del transporte de productos hortofrutícolas.

Como objetivos específicos se pueden citar:

- Analizar la cadena de suministro de frutas y hortalizas en Almería, como máximo exponente de la agricultura hortofrutícola en España.
- Predecir el tránsito futuro de mercancías perecederas en la zona de estudio, es decir, conocer el mercado potencial del transporte intermodal de productos hortofrutícolas y empresas interesadas en su uso.
- Determinar los puntos finales de descarga óptima del transporte de productos hortofrutícolas con destino al centro, norte y este de Europa, con el objeto de planificar rutas factibles marítimo-terrestres.
- Analizar las barreras físicas, logísticas y económicas para la implantación de la intermodalidad en productos perecederos originales del sureste de España: infraestructuras, costes, tiempos de entrega, etc.
- Calcular el impacto medioambiental del cambio modal: transporte terrestre a marítimo-terrestre.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La gestión de la cadena de suministro de perecederos

La cadena de suministro es básicamente una red interorganizacional compuesta por múltiples combinaciones de proveedor-cliente-proveedor, en el que la mejora de una empresa individual sólo puede lograrse mediante la optimización del sistema en su conjunto (Brandenburger y Nalebuff, 1996). Sin embargo, la complejidad del análisis ha dado lugar al concepto de redes de suministro, lo que implica la coordinación de varias cadenas individuales (Provan *et al.*, 2007; Johnsen *et al.*, 2008).

Las nuevas perspectivas en la GCS implican que no solo es adecuado gestionar el aprovisionamiento, las operaciones y la logística (transporte) como fuentes de rentabilidad, sino que, además, es preciso desarrollar y gestionar flujos de información, flujos físicos y las relaciones de los socios en las diferentes partes de la cadena. Asimismo, las empresas requieren ampliar el ámbito y alcance de las actividades que realizan, lo que supone mayores riesgos y retos conforme el ciclo de vida de los productos se acorta, se incrementan la variedad de productos y los requerimientos medioambientales, aumenta el nivel de personalización para el cliente, y los socios de la cadena se dispersan desde el punto de vista geográfico.

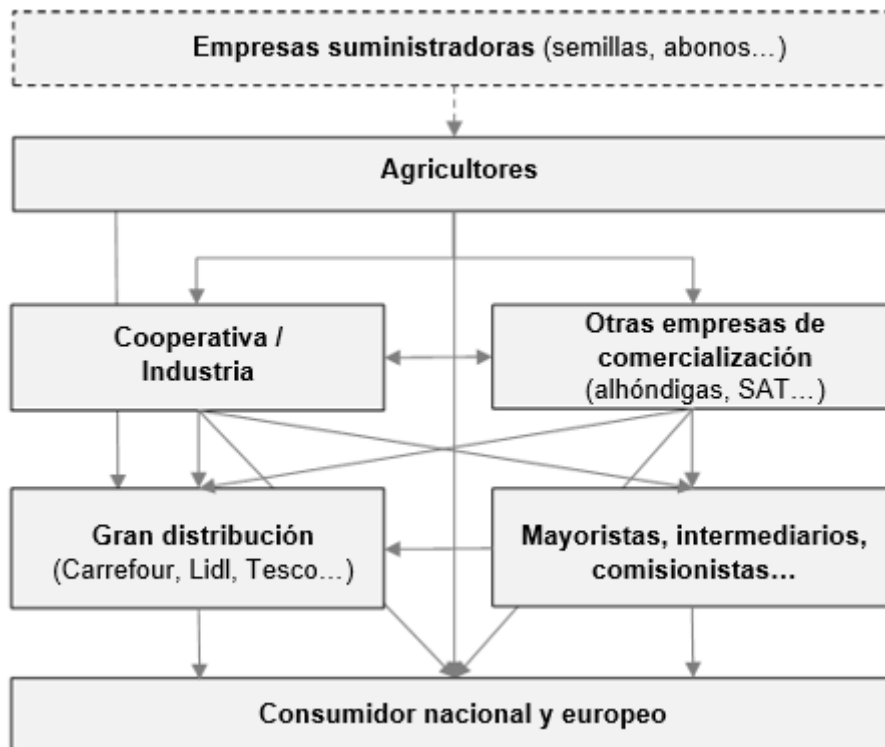
Tal y como queda patente, la cooperación es un concepto importante. Se hace necesario emplear cadenas de suministro integradas y colaborativas, donde exista transparencia entre los operadores, buscando una sincronización y simplificación de actividades. Las actuaciones conjuntas y el intercambio de conocimientos aportan ventajas competitivas y permite ejecutar procesos más eficientes que reducen costes y hacen la oferta más flexible, ya que se producen sinergias de negocio por la combinación y uso común de recursos. A su vez, se incrementan los niveles de calidad aportando mayor satisfacción al cliente (Cao y Zhang, 2011).

En la actualidad pueden distinguirse muchas aproximaciones al análisis de la GCS, incluyendo disciplinas como: dirección estratégica, logística, marketing, mejores prácticas, informática, o conducta de la organización (Croom *et al.*, 2000). Recientemente, los estudios en el área de la GCS se han ocupado de dos cuestiones: la caracterización y la optimización de todos los procesos involucrados para diferentes sectores, principalmente industriales (Bozarth *et al.*, 2009; Hokey y Gengui, 2002); y el análisis desde una perspectiva estratégica, estudiando la conexión entre la coordinación e integración de los miembros de la cadena con el rendimiento empresarial (Flynn *et al.*, 2010).

Enfocado a este trabajo, es importante señalar que desde un punto de vista operativo, existen diferencias entre la cadena de suministro de productos perecederos y no perecederos. La principal reside en los esfuerzos para mantener la calidad de la mercancía desde el inicio de la cadena hasta su llegada al punto de venta (Nogales *et al.*, 2007). En el caso de perecederos, los consumidores dan prioridad a los productos más frescos y con un precio razonable, lo que implica un “afinamiento” de la GCS que se complica, aún más, por el elevado número de intermediarios que participan en la compra-venta (Figura 2). En este sentido, la existencia de un ciclo de vida corto provoca mermas significativas en los procesos de almacenamiento y

transporte, considerándose, incluso, que algunas pérdidas son inevitables a lo largo de la red (Smith y Sparks, 2004). En términos porcentuales, éstas se pueden cifrar entre el 20% y 60% del volumen total gestionado (Yu y Nagurney, 2012). Una forma de evitarlo es dar un tratamiento especial a estos productos a lo largo de la cadena, profundizando en aspectos que son tratados con menor rigurosidad en otra clase de mercancía, por ejemplo: tiempo y flexibilidad del transporte, almacenamientos intermedios o reducción de la manipulación (Gosling *et al.*, 2010).

Figura 2. Cadena de suministro agroalimentaria.



Fuente: Pérez-Mesa *et al.* (2018).

En conjunto, en el diseño de la cadena de suministro de perecederos juegan un papel fundamental cuatro factores: i) la programación de la producción, ii) el transporte, iii) la localización de instalaciones intermedias y, de forma transversal, iv) el aseguramiento de la calidad-salubridad, v) la sostenibilidad, y vi) la coordinación-colaboración entre empresas (De Pablo *et al.*, 2007).

Por otro lado, la relación entre el proveedor y el *retailer* puede ser interpretada de diferentes maneras, pero básicamente implica la creación de alianzas que promuevan la planificación y fiabilidad del suministro, estableciendo relaciones a largo plazo, siempre con el objetivo de aumentar la calidad y flexibilidad de los procesos y garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad (De Pablo *et al.*, 2007; Rong *et al.*, 2011).

Finalmente, en la actualidad, los proveedores de las cadenas de distribución moderna (Carrefour, Tesco, Aldi,...) se preguntan si este canal está teniendo un efecto negativo en su rentabilidad y también qué estrategia de colaboración deben adoptar dentro de la cadena de

suministro. Este debate es particularmente acentuado entre los proveedores de los productos perecederos (Pérez y Galdeano, 2011), ya que las normas comerciales estrictas en materia de calidad, trazabilidad o de plazos de entrega impuestas por las cadenas de distribución, inevitablemente tienen repercusiones en los costos de los proveedores, a menudo no compensadas con los ingresos recibidos (Svensson, 2001; Dapiran y Hogarth-Scott, 2003). Por tanto, con el fin de adoptar una estrategia adecuada, el proveedor tiene que analizar a fondo sus relaciones de colaboración con otros proveedores para determinar si son rentables en función del tipo de cliente y mercado. En la gestión del transporte, la colaboración más eficiente se da entre la comercializadora en origen y la gran distribución, ya que esta última gestiona la mayor parte de los portes (Pérez-Mesa y Galdeano-Gómez, 2015).

2.2. Sector de análisis: el transporte de hortalizas desde Almería

El sector de análisis de este trabajo es la horticultura española, con especial mención a Almería como principal provincia productora y exportadora. Concretamente, se analizará el transporte de hortalizas (perecederos) desde Almería hacia la Unión Europea, incluyendo el tránsito y el destino nacional. Es necesario, por tanto, caracterizar tanto el sector hortícola español como el transporte internacional de mercancías desde el país, profundizando en ambos apartados en el caso almeriense.

2.2.1. El sector hortícola español y almeriense

El sector de frutas y hortalizas es el más importante en el conjunto agrario español, con un valor de producción anual de 14.000 millones de euros¹, aportando el 48,7% de la Producción Vegetal y el 29,1% de la Producción Agraria, lo que lo sitúa muy por delante de otras actividades agrícolas como cereal, vino o aceite de oliva (MAPAMA, 2017a).

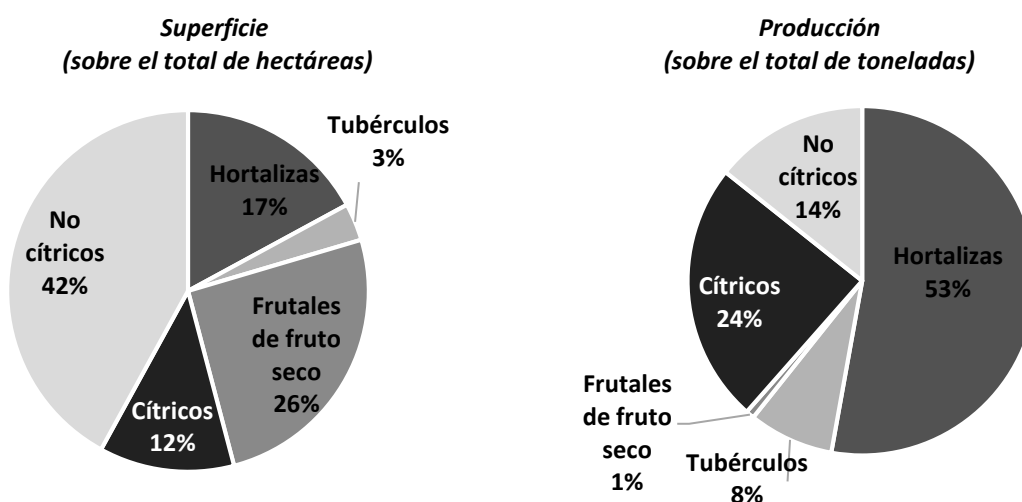
Destaca su dimensión social en cuanto a mano de obra, ya que el sector representa una fuente de empleo fundamental en las regiones implicadas, tanto en la propia función de producción y comercialización de frutas y hortalizas como en actividades dependientes y conexas con la misma. De forma directa se generan unas 230.000 UTAs², lo que supone el 24% del total del sector agrario, existiendo otros miles de empleos indirectos. Concretamente, el sector hortícola genera unas 114.103 UTAs, lo que supone un 50% del sector hortofrutícola, de las que un 42% corresponden a la producción en invernadero (MAPAMA, 2017b).

¹ Sin incluir flores y plantas, uva de vinificación ni aceitunas.

² Unidad de Trabajo Agrario, entendido como el trabajo efectuado por una persona dedicada a tiempo completo durante un año a la actividad agraria.

La superficie dedicada en España al cultivo de frutas y hortalizas en su conjunto es de unas 2.200.000 hectáreas, de las cuales 380.000 corresponden a hortalizas. Esta superficie produce en torno a 29 millones de toneladas, de las que más de 15 millones corresponden a hortalizas, 7 millones a cítricos, 4 millones a frutales no cítricos, 2 millones a tubérculos y unas 200.000 a frutales de fruto seco (Gráfico 4).

Gráfico 4. Superficie y producción por ramas en el sector de frutas y hortalizas. Año 2016.



Fuente: MAPAMA (2018).

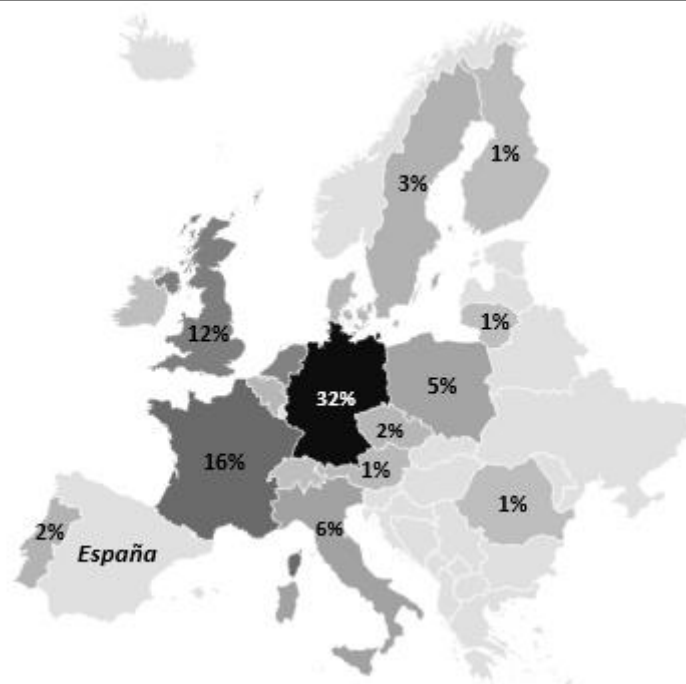
La producción de frutas y hortalizas se sitúa principalmente en el arco mediterráneo, si bien cada Comunidad Autónoma está especializada en un grupo de productos. Andalucía es la primera con el 32% de la producción, destacando en hortalizas de invernadero, seguida de la C. Valenciana con un 16% gracias a los cítricos y Murcia con un 12% por sus hortalizas al aire libre y fruta dulce.

Las exportaciones han tenido una evolución creciente en los últimos años tanto en volumen como en valor, habiendo alcanzado en 2017 la cifra de 13,7 millones de toneladas por un valor de 14.320 millones de euros. Históricamente, los principales productos que se exportan son los de invernadero (como tomate, pimiento y pepino), los cítricos, el melocotón y la nectarina (ICEX, 2017).

Dentro del sector, la horticultura representa el 15% de la Producción Final Agraria, superando los 7.100 millones de euros. Las hortalizas, incluyendo melón y sandía, aportan 17 millones de toneladas, destinándose a la exportación en torno al 40% de esta cantidad, por un valor de casi 6.700 millones de euros (MAPAMA, 2017a; ICEX, 2017).

Con todo ello, España es uno de los principales proveedores de hortícolas dentro de la Unión Europea (Figura 3). Alemania (32%), Francia (16%), Reino Unido (12%) y Países Bajos (10%) son sus principales clientes.

Figura 3. Distribución porcentual de las exportaciones españolas por países. Año 2017.

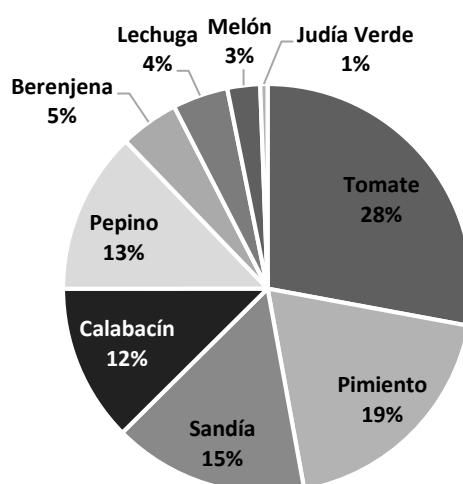


Fuente: Adaptado de Serrano et al. (2017).

Dentro del país, Andalucía, con un 35,3%, es la Comunidad Autónoma que más contribuyó a alcanzar los 24.500 millones de euros de Renta Agraria Nacional en 2015 (Cajamar, 2018), y también es líder en exportaciones gracias al potencial de la horticultura almeriense, que aporta la mayor cuota del comercio internacional agroalimentario andaluz.

En la actualidad, Almería produce más de 3,1 millones de toneladas de hortalizas distribuidas en 30.456 hectáreas protegidas, debido a la extensión y transformación de un modelo de agricultura intensiva basada en la utilización de invernaderos (Cajamar, 2017). Se distinguen nueve cultivos principales (Gráfico 5), siendo los más importantes por producción tomate (27,9% del total de toneladas producidas), pimiento (19,2%) y sandía (15,4%).

Gráfico 5. Principales hortalizas en Almería. % sobre toneladas. Campaña 2016-2017.

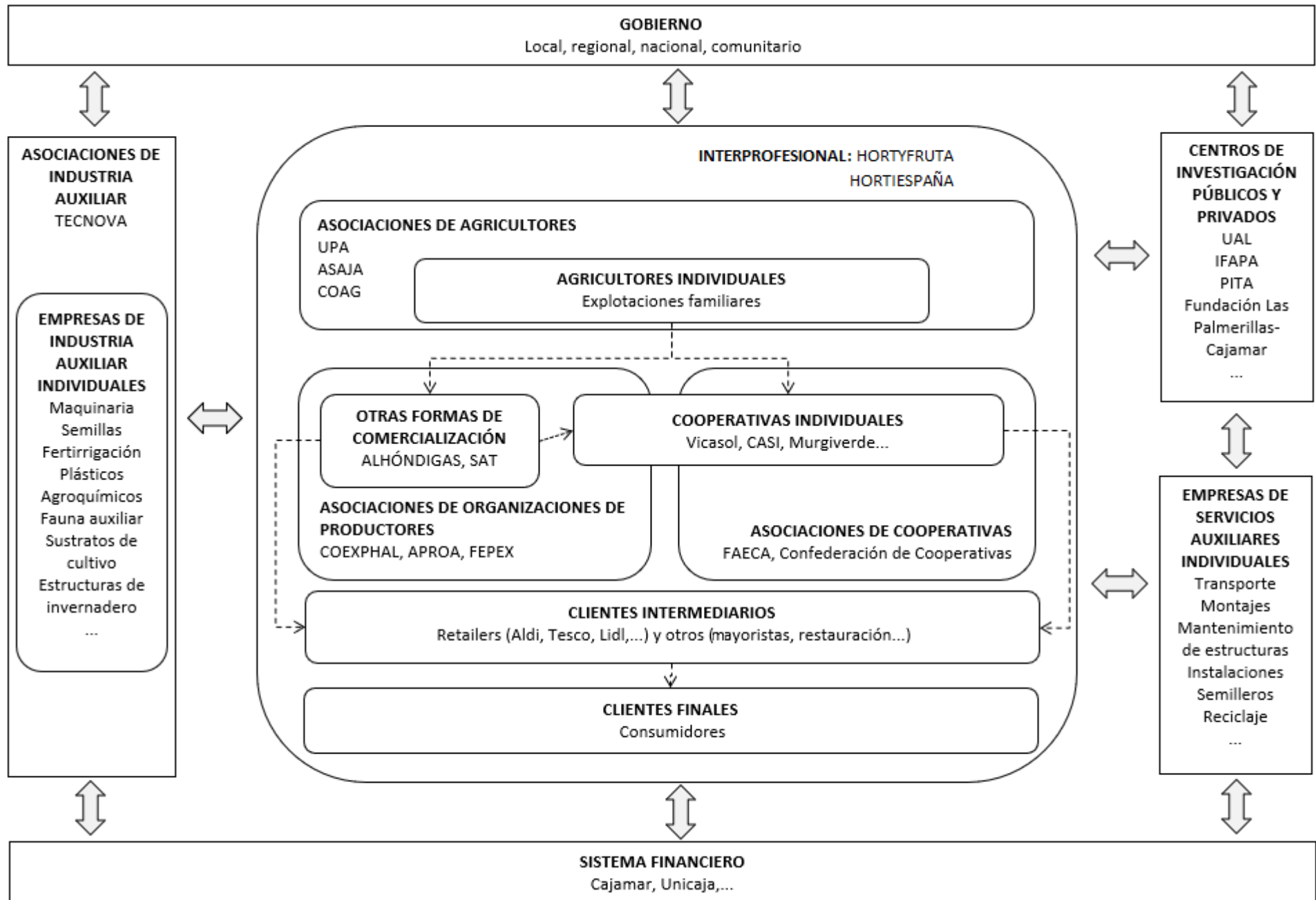


Fuente: Elaboración propia a partir de Cajamar (2017).

Los invernaderos son el resultado de una continua innovación en técnicas y tecnologías, capaz de adaptarse a condiciones climáticas adversas, con un uso eficiente de agua, nutrientes y bajo consumo energético. A través de estas estructuras, los rendimientos económicos del campo almeriense son muy superiores al resto de la agricultura de España, con un tamaño de explotación pequeño (2,5 hectáreas), que históricamente le ha otorgado un marcado carácter social y ha propiciado el reparto de la riqueza. Además, en los últimos años han ido acompañados de una serie de transformaciones, como el aumento de la agricultura ecológica, la implantación de control biológico de plagas, la adopción generalizada de certificaciones ante las exigencias de calidad y una tendencia a la producción de cultivos libres de residuos, muy por debajo de los límites máximos autorizados (Molina y García, 1999; Galdeano-Gómez *et al.*, 2016).

Además, al ser la horticultura de invernadero de Almería intensiva en consumos intermedios de distinta naturaleza, se ha ido creando un sistema complejo de interrelaciones industriales y de servicios a su alrededor que con el paso del tiempo han acabado constituyendo un *cluster* agroindustrial (Aznar-Sánchez, 2011; Pérez-Mesa, 2009). La cadena hortofrutícola almeriense es, por tanto, una red de suministro compleja donde se podrán encontrar relaciones horizontales en el eslabón productivo, por ej. la cooperación con otras empresas para mejorar el acceso al mercado o para promover acciones de innovación conjunta, y donde también existirán relaciones verticales destinadas a optimizar procesos conjuntos, como en transporte, abastecimiento o promoción (Figura 4).

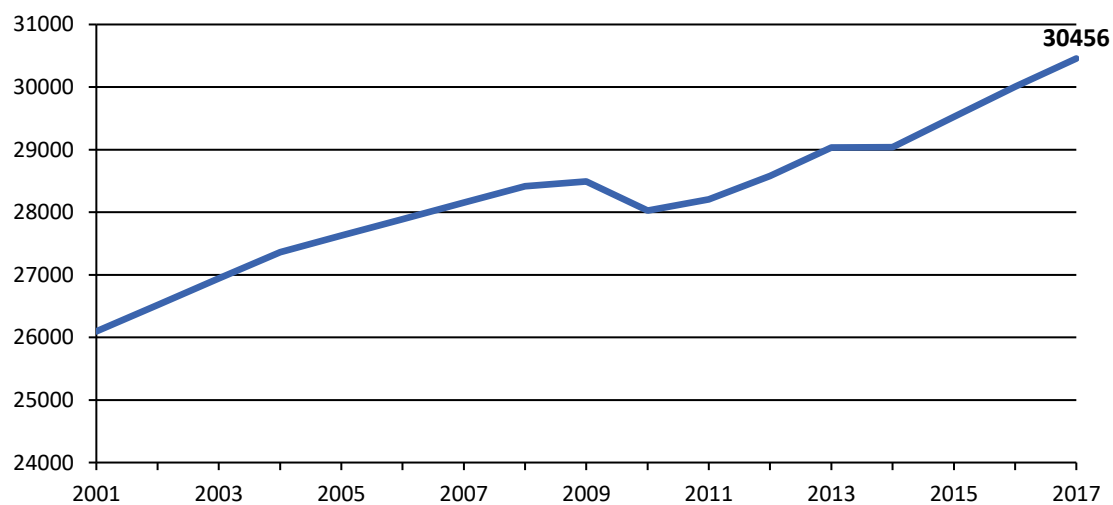
Figura 4. El cluster agroindustrial de la agricultura de Almería.



Fuente: Elaboración propia a partir de Pérez-Mesa (2009) y Aznar-Sánchez (2011).

De los miembros de la cadena de suministro almeriense, destacan especialmente las estructuras de comercialización, basadas en empresas de economía social (Cooperativas y SATs) que han contribuido de forma notable a aumentar el valor añadido generado por la horticultura intensiva en la economía provincial. Además, han liderado la implementación de la mayoría de los cambios tecnológicos que se han producido en términos de calidad y prácticas respetuosas con el medio ambiente (como la adopción de certificaciones de calidad en el campo o el aumento de las cuotas de control biológico). También son un componente clave en la capacidad de adaptación del sistema (resiliencia), garantizando la estabilidad del sector porque agrupan los recursos de sus asociados y mejoran su posición dentro de la cadena agroalimentaria. Por otro lado, facilitan la financiación, el asesoramiento y un arraigo local que favorece la sostenibilidad ambiental (Galdeano-Gómez *et al.*, 2016). De existir una total dependencia de las comercializadoras de otras provincias del levante español en los años sesenta, se ha pasado a vender directamente desde Almería casi la totalidad de los productos ($\approx 62\%$). En conjunto, las fructíferas relaciones entre los miembros de la cadena han propiciado que la evolución de la superficie invernada haya sido continua (Gráfico 6).

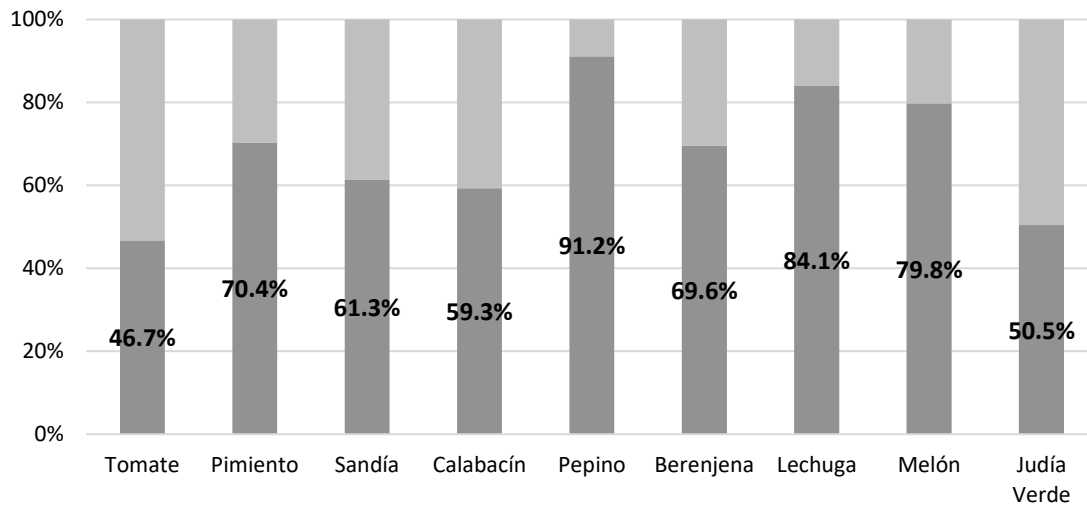
Gráfico 6. Evolución de la superficie de cultivo invernada en el litoral de Almería, en hectáreas. Año 2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural de la Junta de Andalucía (2017a).

Por otro lado, uno de los indicadores más representativos de la competitividad del sector hortofrutícola almeriense es su capacidad exportadora. Su importancia es tal que el valor de las exportaciones de los principales cultivos de la provincia superó los 2.200 millones de euros en 2017, según los datos de la Cámara Oficial de Comercio. Este carácter puede observarse en el Gráfico 7, con producciones que traspasan fronteras hasta en un 90%.

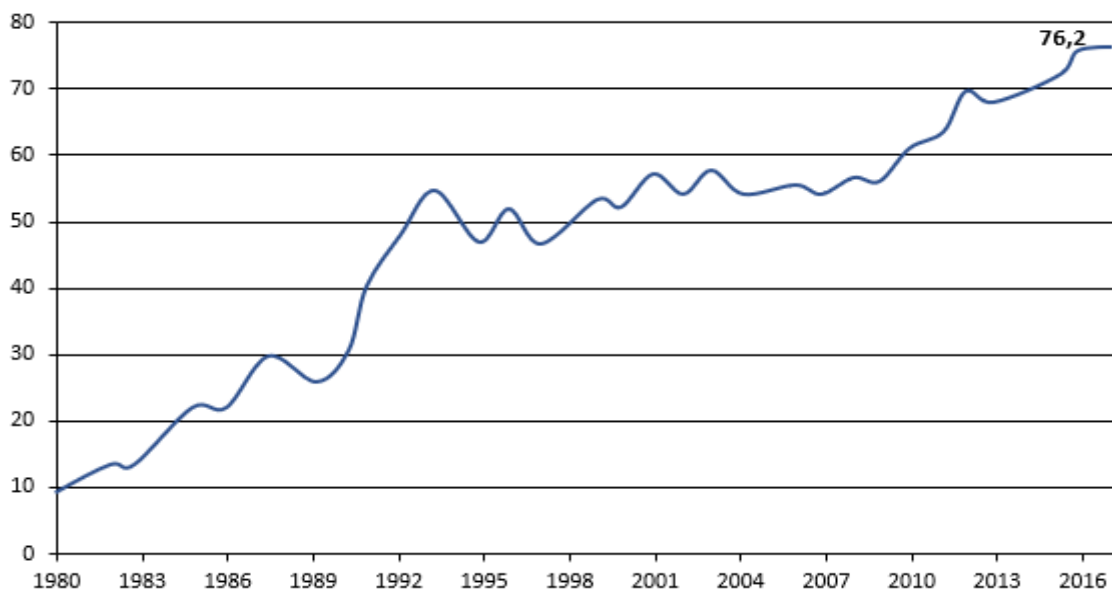
Gráfico 7. Porcentaje de exportaciones almerienses sobre el total producido. Toneladas. Campaña 2016-2017.



Fuente: Elaboración propia a partir de ICEX (2017), MAPAMA (2017a) y Cajamar (2017).

La comercialización empezó por el mercado interior español, no siendo hasta finales de la década de los setenta cuando se iniciaron las ventas en los mercados exteriores, representando en 1980 sólo el 9% del total de la producción. Con el tiempo, estos mercados absorbieron el aumento de la producción que anualmente tenía lugar, con gran impulso tras la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea en 1986 y, sobre todo, después de la firma del Acta Única Europea en 1992. En la actualidad, tras una constante evolución al alza, el 76,2% de la producción hortícola almeriense se vende en el exterior (Gráfico 8), ratio que supone un cifra récord (Cajamar, 2017).

Gráfico 8. Evolución del peso de las exportaciones sobre la producción hortícola almeriense total, en porcentaje. Año 2017.



Fuente: Cajamar (2017).

Sin embargo, las hortalizas almerienses son productos poco aptos para el almacenamiento prolongado, y su recolección, generalmente manual, se realiza siguiendo diferentes criterios que incluyen desde los estados de madurez hasta las condiciones de corte, dependiendo de cada producto y de las diversas normativas de aplicación.

La calidad final del producto se inicia en la elección de la semilla y su siembra, se consolida durante el proceso de cultivo, y culmina, de forma crítica, en la fase de recolección (cosecha) y post-recolección, donde su conservación y transporte juega un papel clave. La calidad, por lo tanto, dependerá en gran medida de la capacidad del exportador de garantizar un efectivo envasado y etiquetado; la temperatura, humedad y otros controles ambientales; un adecuado equipamiento de transporte; una carga apropiada, una buena gestión en el viaje y una descarga correcta. Aún en las mejores condiciones de transporte, la calidad del producto sólo puede ser mantenida, nunca incrementada (Palao y Salinas, 2007).

El sistema de comercialización de la oferta en el mercado de origen de productos hortofrutícolas en Almería funciona de la siguiente manera: primeramente, el agricultor recolecta el producto y realiza una primera clasificación y envasado en cajas de campo (de material plástico o cartón) para presentarlo y poder conducirlo mediante un vehículo propio (furgoneta, camión, tractor con remolque, etc.) hasta su empresa comercializadora (Sociedad Cooperativa, SAT, etc.) donde será almacenado, manipulado y clasificado, según normas y criterios comerciales, para su transporte a destino, o hasta una alhóndiga, donde se realiza una venta directa a empresas comercializadoras. En ambos casos, el agricultor recibe un precio de venta en función de la calidad de los productos que ha aportado según clasificación normalizada, por ej. calibre (Salinas y Palao, 2002).

Hoy en día, alrededor del 80% de todos los tránsitos están gestionado por el cliente, la gran distribución europea (Pérez-Mesa *et al.*, 2015).

Los equipamientos disponibles para el transporte de fruta y hortaliza son (Palao y Salinas, 2007):

- Contenedores de carga aérea (*Air cargo containers*)
- Pallets de carga aérea con redes (*Air cargo pallets with nettings*)
- Camión (*Highway trailers*)
- Remolques de carga sin tracción (*Piggyback trailers*)
- Navíos de compartimientos refrigerados (*Breakbulk reefer vessels*).
- Navíos para granel (*Bulk vessels*).
- Vagones sobre vías (*Railroad boxcars*)

- Contenedores refrigerados (*Reefer containers*), para uso por tierra (camión o ferrocarril) o por vía marítima o fluvial.

Actualmente, el transporte por carretera vía camión refrigerado es la solución más adoptada para cumplir con las expectativas citadas.

Por lo que respecta a la distribución geográfica de las exportaciones, como se señaló en la introducción, destaca la importancia que el mercado europeo ha ido adquiriendo como punto de destino de las exportaciones hortícolas españolas y almerienses. Este predominio se ha debido a la proximidad geográfica, sus elevados niveles de renta que generan una gran demanda y a la competitividad de la producción hortícola almeriense derivada de la posibilidad de ofertar mercancía en momentos del año en los que no es viable la producción en otros países europeos (Aznar-Sánchez *et al.*, 2013, pág. 23).

Así, la Unión Europea ha acrecentado su relevancia como el mercado fundamental de Almería representando el 98,7% del total exportado en la campaña 2016/17 (Tabla 1). Dentro de ésta, cuatro países han sido y continúan siendo los principales clientes, siguiendo la tendencia nacional y acaparando en torno al 70% del total de las exportaciones almerienses. El primer importador de hortalizas es Alemania, con una cuota creciente que actualmente alcanza el 32,5% del total. El segundo cliente es Francia con un porcentaje estable en torno al 15%. El tercero, Reino Unido, representa en torno al 12%. El cuarto es Países Bajos, cuyo considerable volumen de compra en relación con su población (por encima del 11%) se explica por el destacado papel que cumple en la distribución agroalimentaria europea, comprando hortalizas almerienses que redistribuye por toda Europa.

En conjunto, se aprecia que la agricultura almeriense tiene un carácter estratégico para la economía y las exportaciones españolas, manteniendo la actividad económica y el empleo.

Tabla 1. Exportaciones almerienses por destinos. Campaña 2016-2017.

PAÍS	TONELADAS	%	MILES DE €	%
Alemania	780 226	32.5%	811 998	32.0%
Austria	35 888	1.5%	41 414	1.6%
Bélgica	46 321	1.9%	69 120	2.7%
Dinamarca	45 376	1.9%	50 234	2.0%
Finlandia	17 673	0.7%	15 465	0.6%
Francia	356 046	14.8%	359 922	14.2%
Grecia	913	0.0%	1 343	0.1%
Países Bajos	272 356	11.3%	309 917	12.2%
Irlanda	13 873	0.6%	14 713	0.6%
Italia	151 613	6.3%	159 135	6.3%
Luxemburgo	775	0.0%	1 043	0.0%
Portugal	53 652	2.2%	44 954	1.8%
Reino Unido	280 628	11.7%	283 521	11.2%
Suecia	70 385	2.9%	91 469	3.6%
Eslovaquia	7 716	0.3%	6 875	0.3%
Eslovenia	371	0.0%	204	0.0%
Estonia	5 716	0.2%	6 580	0.3%
Hungría	14 774	0.6%	15 824	0.6%
Letonia	7 737	0.3%	7 454	0.3%
Lituania	12 748	0.5%	12 380	0.5%
Polonia	125 969	5.2%	119 063	4.7%
Rep. Checa	52 124	2.2%	42 635	1.7%
Rumania	15 873	0.7%	14 966	0.6%
Bulgaria	1 475	0.1%	1 553	0.1%
Chipre	24	0.0%	35	0.0%
Malta	565	0.0%	570	0.0%
Croacia	510	0.0%	639	0.0%
Total UE-28	2 371 326	98.7%	2 483 026	97.9%
Noruega	1 740	0.1%	2 491	0.1%
Suiza	14 244	0.6%	19 992	0.8%
Canadá	5 449	0.2%	9 604	0.4%
EEUU	3 254	0.1%	7 562	0.3%
Rusia	-	0.0%	-	0.0%
Otros países	6 168	0.3%	14 376	0.6%
Total países terceros	30 855	1.3%	54 025	2.1%
TOTAL EXPORTACIÓN	2 402 181	100%	2 537 051	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de Cajamar (2017).

2.2.2. El transporte internacional de mercancías

El transporte tiene una vital importancia en la sociedad actual, en la que cada vez se produce y se consume más, pero donde los centros de producción se concentran en unas regiones determinadas y el gran consumo tiene lugar en otras áreas geográficas distintas. Cualquier economía próspera debe enfrentarse a la ampliación y renovación constante de su dotación de infraestructuras, con el objetivo de mejorar su productividad, aumentar la acumulación de inputs y ayudar en el desarrollo de las economías más desfavorecidas. En relación a este último aspecto, se puede demostrar que cuando aumentan las infraestructuras, también lo hace proporcionalmente la eficiencia del sistema productivo, crece la inversión privada y, en consecuencia, mejora la competitividad en la economía. El transporte, por tanto, se considera uno de los pilares más compactos del desarrollo económico a largo plazo (Unión Europea, 2014).

En este sentido, el transporte constituye una de las primeras políticas comunes de la Unión Europea actual y su objetivo principal es garantizar la libertad de circulación de personas, servicios y mercancías entre los Estados Miembros, consolidando un mercado interior. Para ello, se están eliminando gradualmente los obstáculos de acceso, las diferencias innecesarias de normas técnicas y administrativas, y las distorsiones de la competencia entre países (como precios, impuestos y otros gravámenes). Las desigualdades en las infraestructuras de transporte de cada Estado Miembro han llevado a la creación de la red transeuropea de transporte (TEN-T), con la que se pretende modernizar y homogenizar las condiciones individuales en una red que funcione con fluidez y conecte todos los rincones de Europa, haciendo el mejor uso posible de los diferentes medios de transporte.

Además, los avances técnicos y normativos desde el año 2000 van orientados a lograr conexiones menos contaminantes a la par que eficientes y seguras, para hacer frente al crecimiento desigual de los distintos medios de transporte, la congestión de las carreteras y los ferrocarriles europeos y el creciente impacto de la contaminación. Hoy día, las líneas continúan en este sentido, luchando contra el impacto negativo del transporte en el uso de la energía y de la calidad del medio ambiente (Unión Europea, 2014).

En España, la mayoría de los estudios de planeamiento de redes e infraestructuras de transporte se han centrado en lo que cabe denominar “modelos de demanda”. Por eso, en las principales actuaciones llevadas por el Plan Director de Infraestructuras (1993-2007), se priorizó en los canales de acceso a los centros más poblados, lo que condujo al reforzamiento del mismo esquema de relaciones territoriales existente: priorizado el desarrollo de una estructura radial gestionada de forma centralizada (Serrano-Martínez, 2006). Además, no se tuvo demasiado en cuenta la intermodalidad ni las necesidades del transporte de mercancías a la hora de planificar, por ejemplo, la red de transporte ferroviario, sino que la atención prioritaria se focalizó en el tráfico de viajeros (Martínez, 2016).

Actualmente, continúa en desarrollo el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020, con el que se plantearon cuantiosas inversiones y metas muy ambiciosas. Sus principales directrices de actuación son (Ministerio de Fomento, 2005):

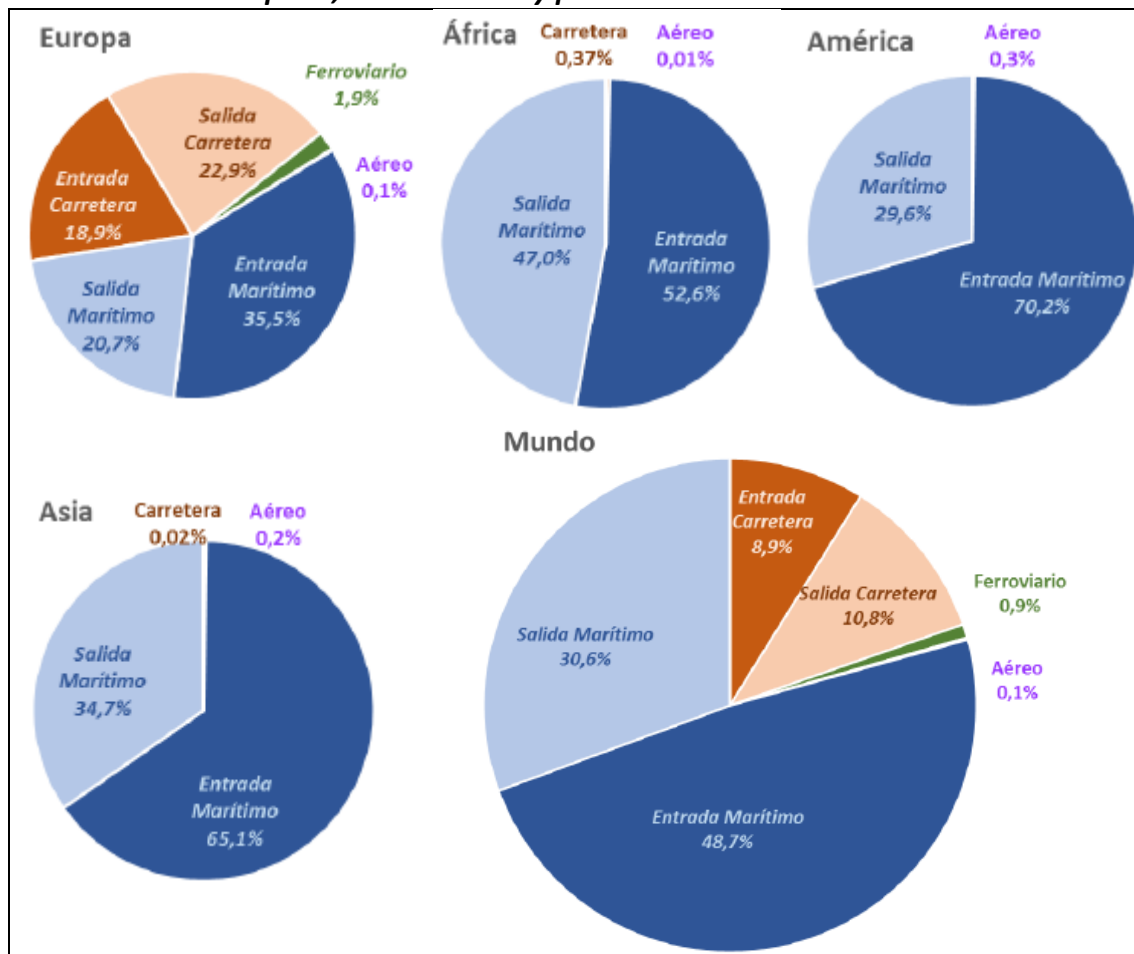
- a) Visión unitaria de las infraestructuras y servicios: intermodalidad.
- b) Gestión integrada del sistema desde criterios de seguridad, calidad y eficiencia.
- c) Desarrollo de un marco normativo y cooperación con otras administraciones, instituciones y agentes sociales.
- d) Financiación del sistema y tarificación.
- e) Equilibrio del territorio y mejora de su accesibilidad.
- f) Desarrollo de movilidad urbana.
- g) Mejora del sistema de transporte de mercancías y de su inserción internacional.
- h) Desarrollo de un sistema de transporte de viajeros abierto al mundo.

Según el Observatorio del Transporte y la Logística en España (Ministerio de Fomento, 2018a), los modos predominantes en el transporte internacional de mercancías en la actualidad son carretera (flujo de 101 mill. de toneladas en 2016) y, sobre todo, transporte marítimo (flujo de 410 mill. de toneladas), siendo este último el mayoritario en este tipo de desplazamientos y el resto de los modos secundarios en términos de toneladas transportadas (transporte ferroviario con un flujo de 3,5 mill. de toneladas y aéreo con 0,7).

Además, por continentes, los principales flujos de España se producen con Europa (47,9%) y África (20,2%); y en menor medida, con América (17,3%) y Asia (14,7%).

En cuanto al reparto modal por continentes (Figura 5), se observa en el conjunto mundial que el modo marítimo es el gran protagonista del transporte internacional español de mercancías con casi un 80% del total. Este modo es más dominante en el transporte de entrada (desembarques) que es un 59% superior al de salida (embarques), contabilizando los tránsitos. Así, el transporte marítimo domina en todos los continentes y es casi único fuera de Europa: en América, África y Asia. En estos tres, el transporte de entrada supera al de salida, pero mientras que en África ambos sentidos del transporte están casi equilibrados, con América y Asia los flujos de entrada representan respectivamente el 70% y el 65% del transporte marítimo con estos continentes.

Figura 5. Reparto modal y por sentido del transporte internacional de mercancías en España, con el mundo y por continentes. Año 2016.



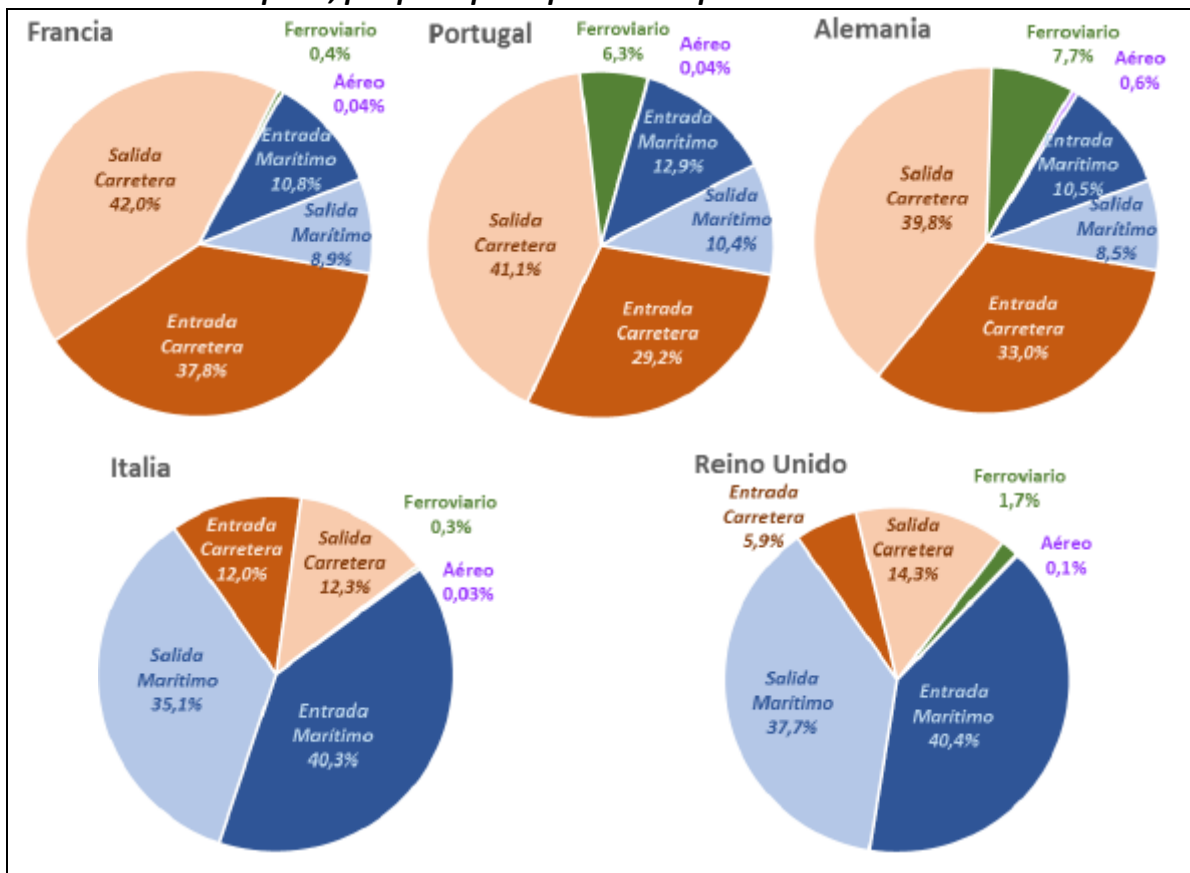
Fuente: Ministerio de Fomento (2018b).

En Europa, el modo marítimo representa un 56% del total, lo que pone de manifiesto la importancia del transporte marítimo de corta distancia. La carretera acapara casi todo el resto (42%), dejando al ferrocarril con un 2% y con un porcentaje residual al transporte aéreo. Hay que destacar que en Europa el modo marítimo presenta su característico desequilibrio a favor de los flujos de entrada (desembarques), mientras que en el modo carretera predomina el transporte de salida, aunque con una relación más equilibrada entre ambos sentidos del transporte.

Si se analizan los principales socios comerciales y de transporte en Europa, se observa que hay tres (Francia, Portugal y Alemania) en los que predomina el modo carretera: en todos ellos, con más de un 70% de cuota, mientras que en los otros dos (Reino Unido e Italia) el modo marítimo acumula más del 75% de la cuota de transporte (Figura 6).

En los países mencionados los sentidos de flujo están bastante equilibrados. Sin embargo, en el conjunto del transporte marítimo con Europa tienen más pesos los movimientos de entrada, una desproporción que se origina en otros países distintos de los anteriores y en concreto en los países europeos más lejanos.

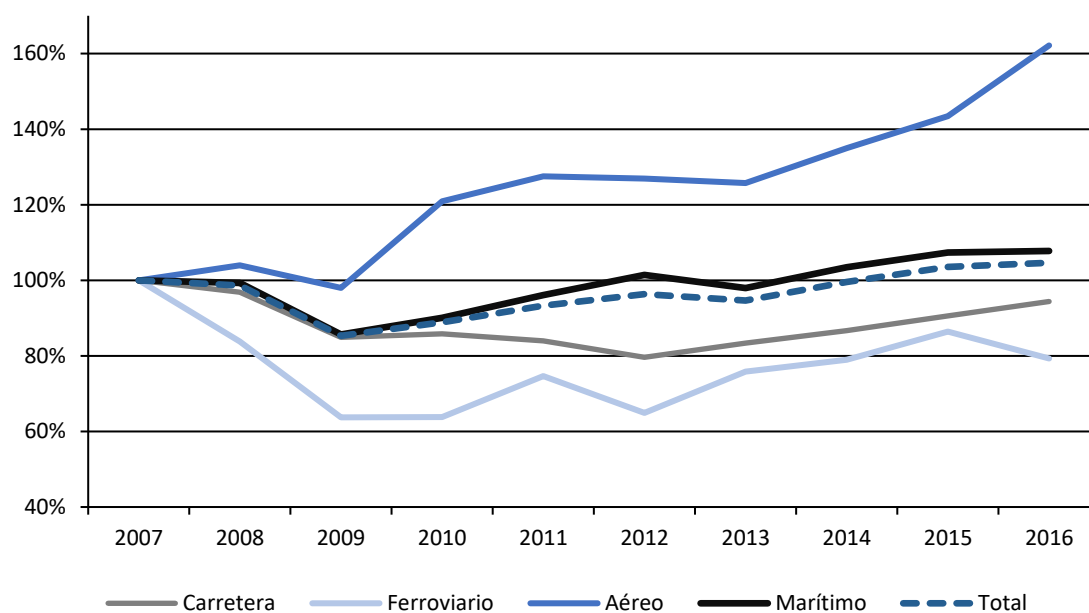
Figura 6. Reparto modal y por sentido del transporte internacional de mercancías en España, por principales países europeos. Año 2016.



Fuente: Ministerio de Fomento (2018b).

En cuanto a la evolución del transporte (Gráfico 9), partiendo del año 2007, en los primeros años se aprecia una disminución de las toneladas transportadas fruto de la incidencia de la crisis económica, en consecuencia de la estrecha relación que presenta el transporte con otras actividades económicas como la industria y el comercio. Por fortuna, desde 2014 en carretera existe una tendencia de incremento de los volúmenes transportados, tras seis años anteriores de continuos descensos. Una situación parecida ocurría con el transporte ferroviario; sin embargo, en el año 2016 se ha visto interrumpida su recuperación con una importante caída. Un caso que destacar es la variación del transporte aéreo, que ha crecido un 62% en el período 2007-2016, aunque en términos de valor sigue teniendo una muy baja representación (un 0,15% del total de toneladas transportadas internacionalmente).

Gráfico 9. Evolución del transporte internacional de mercancías (toneladas) por modos. 2007-2016 (2007=100).



Fuente: Ministerio de Fomento (2017a).

Es importante destacar que las cifras de transporte internacional de mercancías en España son hasta un 25% superiores a las de comercio exterior. Esto se debe fundamentalmente a que el transporte internacional incluye además del comercio exterior español, los tránsitos, especialmente marítimos, que no se corresponden con comercio exterior pero que sí son transporte internacional. Además, no tienen por qué coincidir el origen y el destino de un transporte internacional con un país de importación y exportación de la mercancía. Así, el comercio exterior con Europa representa el 49,5% de todo el comercio en toneladas, pero solo el 47,9% del transporte internacional español de toneladas, lo que indica que el transporte está ligeramente más diversificado que el comercio en cuanto a destinos.

En otro sentido, en cuanto a sostenibilidad ambiental, hay que señalar que el transporte es el sector con mayor consumo energético en la Unión Europea, con un 33,1% de la energía final consumida; un porcentaje que es aún mayor en España con un 41,9%. Lo mismo ocurre con las emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte, que tienen en España un mayor peso relativo que la media de la Unión Europea (un 28,7% frente a un 25,3%). La media europea indica que las emisiones por el transporte están aproximadamente 10 puntos porcentuales por debajo de las emisiones de la industria energética, mientras que en España la cuota que copan es prácticamente la misma (menos del 1% de diferencia).

En el caso de los perecederos, el transporte puede influir de varias formas. Por un lado, el importador normalmente asume el coste de transporte de la mercancía, por lo que una reducción del mismo hará que esté dispuesto a adquirir mayores cantidades (Hummels, 2001). Esto se acrecienta en productos muy sensibles donde el coste de las mermas en destino, como consecuencia del tránsito, supone una pérdida para el

comprador. En estas condiciones el importador estará dispuesto a asumir mayores riesgos (más compras) a un coste inferior. Por otro lado, si no existe un acuerdo cerrado con el cliente, el exportador enviará su mercancía normalmente a un mercado mayorista para su venta a comisión, por lo que corre el riesgo de no poder cubrir los costes de transporte (De Pablo *et al.*, 2007). En definitiva, la reducción de este coste hará que el exportador pueda enviar mayores cantidades o que el importador quiera aumentar su demanda.

2.2.2.1. El transporte por carretera

En la actualidad, las carreteras son el principal medio para trasladar carga en Europa gracias a las medidas tomadas entre los años 80 y 90 por la UE para abrir el mercado internacional de transporte de mercancías y eliminar los obstáculos a la competencia. La política de la UE también se ha encargado de los gravámenes, que no deben ser excesivos o discriminar a los conductores extranjeros frente a los del Estado miembro, y de los peajes de carretera, adecuados para ser coherentes con los principios de “el usuario paga” y “quien contamina paga” y contribuir al mantenimiento y desarrollo de las infraestructuras de transporte.

En este sentido, en 1999 se aprobó un distintivo europeo (o *euroviñeta*), para cobrar una tasa a los vehículos pesados de transporte de mercancías por la utilización de determinadas infraestructuras, como autopistas y autovías, puentes, túneles y puertos de montaña. Constituye un sistema común electrónico de peaje gracias al cual un vehículo matriculado puede pasar a través de los peajes de carretera en Europa tras haber abonado una sola tasa proporcional a su peso y tamaño (aunque en determinadas regiones, pueden aplicarse peajes adicionales).

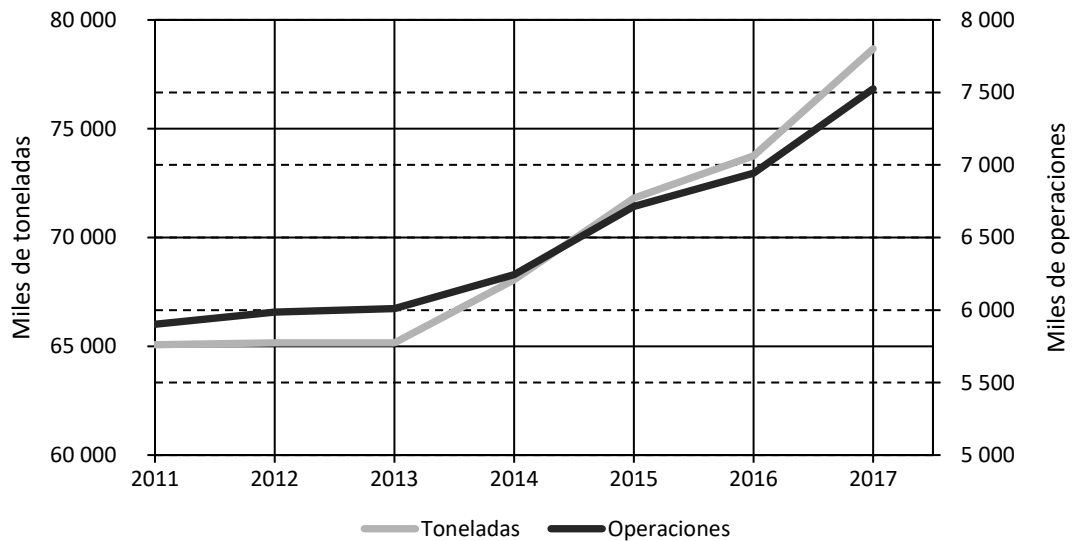
Desde principios de los 90, también se han aprobado normas destinadas a armonizar aspectos técnicos y administrativos. Por ejemplo, normas sobre las dimensiones y pesos máximos de determinados vehículos, el formato de los permisos de conducción, los documentos de matriculación de los vehículos y la formación mínima de los conductores. Además, en la actualidad la UE cuenta con normas comunes sobre los tiempos máximos de conducción y los periodos mínimos de descanso para los conductores de vehículos de mercancías y de viajeros, lo que facilita la planificación de los viajes europeos (Unión Europea, 2014).

En España se ha invertido durante décadas en la mejora de las infraestructuras de autopistas y autovías, que destacan por su versatilidad y velocidad, comunicando al país con el resto de Europa. La red de carreteras de España tiene, a 31 de diciembre de 2016, 165.483 kilómetros, de los cuales 26.395 km (Red de Carreteras del Estado, RCE) están administradas por el Ministerio de Fomento y recogen el 51,7% del tráfico total, y el 64,6% del tráfico pesado. Además, hay 71.291 km que están gestionados por las Comunidades Autónomas y soportan el 42,7% del tráfico, y 67.797 por las Diputaciones

(que suponen el 5,5% del tráfico restante). Por otro lado, el país tiene la red de vías rápidas más larga de la Unión Europea, con 17.109 km de vías de gran capacidad (Ministerio de Fomento, 2018a).

En el año 2017, los vehículos pesados autorizados para el transporte de mercancías por carretera realizaron 197 millones de operaciones de transporte, transportando 1.410 millones de toneladas y generando 231 mil millones toneladas-kilómetro, con una distancia media de operaciones de 110 kilómetros. El 3,8% de las operaciones fueron internacionales, así como el 5,6% de las toneladas, generándose el 33,1% de las toneladas-kilómetro (Gráfico 10).

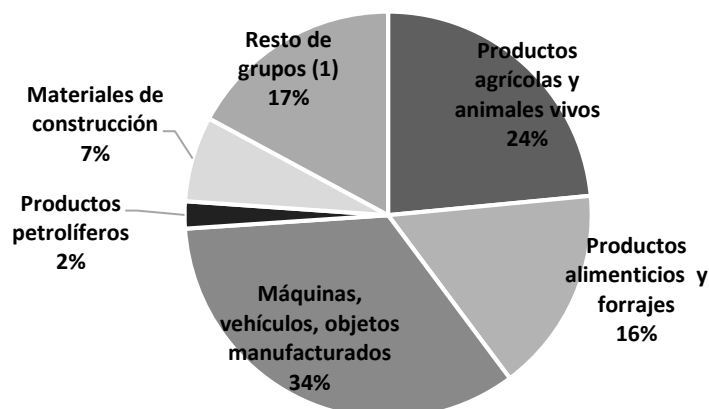
Gráfico 10. Evolución del transporte internacional de mercancías por carretera en España.



Fuente: Ministerio de Fomento (2018b).

Centrando la atención en el tipo internacional, el transporte relacionado con máquinas, vehículos y objetos manufacturados es el más importante cuantitativamente en toneladas, con un 34,1% del total transportado, seguido por productos agrícolas y animales vivos (23,5%) y productos alimenticios y forrajes, con un 16,3% (Gráfico 11).

Gráfico 11. Distribución porcentual del transporte internacional de mercancías por carretera. Año 2017.



(1): Incluye combustibles minerales sólidos, minerales y residuos para la metalurgia (refundición), productos metalúrgicos, abonos y productos químicos. Fuente: Ministerio de Fomento (2018b).

Por intervalos de distancia, los productos agrícolas y animales vivos son los que más lejos se transportan, constituyendo el 55,7% de las toneladas transportadas a una distancia de 2000 km o más, seguido por máquinas, vehículos y objetos manufacturados con un 23,9% (Ministerio de Fomento, 2018b).

La carretera es responsable de más del 94% del consumo de energía final del transporte, con más de 648.000 TJ consumidos en el año 2015 en el transporte por carreteras no urbanas (Ministerio de Fomento, 2018a).

2.2.2.1.1. Transporte por carretera y perecederos

Teniendo en cuenta el transporte interior, en 2016 el 76,4% de las toneladas-km de mercancías de la Unión Europea se movieron utilizando el transporte por carretera, un porcentaje que en España se dispara rozando el 95%, tratándose del quinto país de la UE donde más protagonismo adquiere este medio (EUROSTAT, 2018a). Aunque el sector es de suma importancia, su principal inconveniente es que es el modo de transporte con mayor consumo energético, tanto en la UE como en España, y es el responsable principal del consumo de energía final del transporte (Tabla 2).

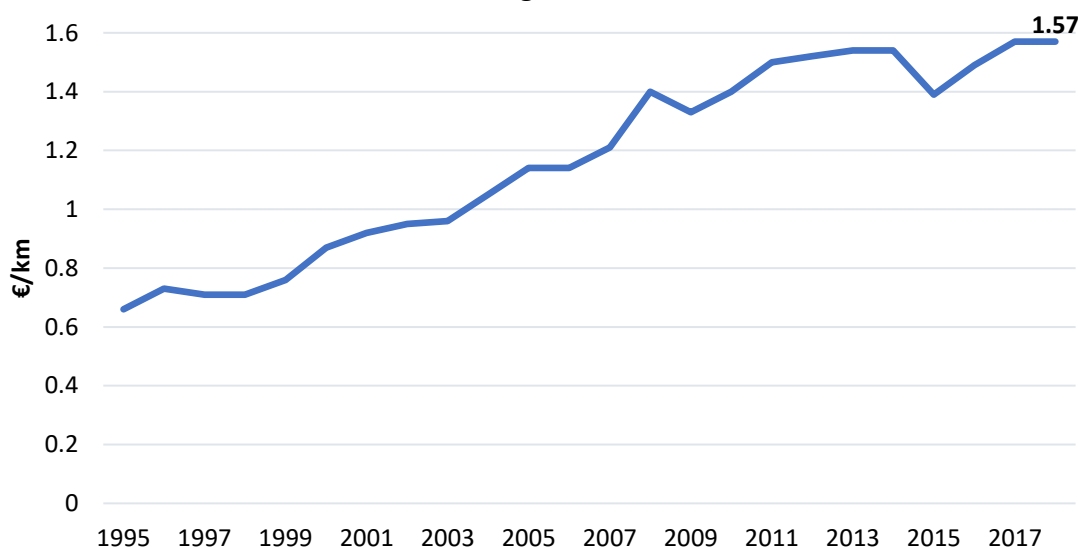
Tabla 2. Ventajas y desventajas del transporte de mercancías por carretera.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
– Rapidez.	– Creciente congestión de las carreteras.
– Servicio puerta a puerta.	– Alta siniestralidad respecto a otros medios de transporte.
– Flexibilidad en horarios y rutas.	– Volumen de carga muy limitado.
– Menores costes respecto a otros medios.	– Contaminante por emisiones de CO ₂ y contaminación acústica.
– Adaptabilidad al tipo de carga (por ej. mercancías peligrosas o perecederos).	– Tendencia creciente del coste de transporte.
– Localización y seguimiento mediante sistemas GPS.	– Alto consumo energético.

Fuente: Martínez (2016).

Actualmente, el transporte por carretera vía camión refrigerado es la solución más adoptada para cumplir con las expectativas de conservación de los perecederos en transporte internacional. Sin embargo, se puede decir que la tendencia del coste de transporte es creciente, al margen de las bajadas coyunturales de los últimos años (Gráfico 12). Hay que tener en cuenta que en una transacción internacional el transporte puede suponer entre del 20% al 30% del coste total, siendo el concepto de mayor relevancia después de descontar la mano de obra incluida en las diferentes fases del proceso (García-Barranco y Pérez-Mesa, 2015), lo que demuestra la necesidad de buscar alternativas y/o complementos a este modo.

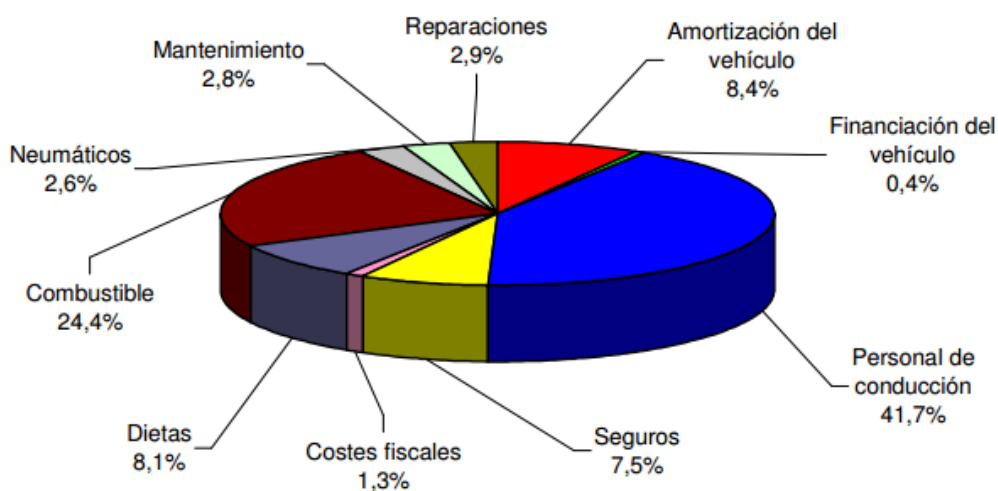
Gráfico 12. Evolución del coste (€/km) de un vehículo frigorífico articulado de 2 ejes cargado.



Fuente: Elaboración propia a partir de García-Barranco y Pérez-Mesa (2015) y Ministerio de Fomento (2017).

Además, estos costes, al contrario de lo que pudiera pensarse, solo dependen en menos de un 25% del precio del combustible, siendo el personal de conducción el factor más encarecedor (41,7%) y al que se unen otros costes importantes (Gráfico 13).

Gráfico 13. Costes aplicados a un vehículo frigorífico de 2 ejes. Año 2017.



Fuente: Ministerio de Fomento (2017).

Como alternativas más sostenibles, el fabricante Volvo Trucks ha anunciado que para el ejercicio 2019-2020 lanzará un camión 100% eléctrico, sin emisiones, con un bajo nivel de ruido que le permitirá trabajar más por la noche y reducir la carga en las carreteras durante el día. También Renault Trucks se ha sumado a esta iniciativa, con camiones eléctricos diseñados para su uso en áreas urbanas y periurbanas. Por su parte, la compañía estadounidense Tesla ha presentado el camión Semi, impulsado por cuatro motores eléctricos y una autonomía de hasta 800 kilómetros (Delgado, 2017; Jiménez, 2017).

2.2.2.2. El transporte ferroviario

El ferrocarril ha sido un importante agente de organización del territorio y de reestructuración de la morfología urbana. Desde su creación, ha favorecido y facilitado el desarrollo de actividades económicas como el turismo, la industria, la minería o la agricultura, llegando a convertirse en uno de los transportes más extendidos a lo largo del planeta y hasta calificado como “una de las invenciones más trascendentales de la humanidad” (Scalabrini, 1940; citado por Soria Cáceres, 2015).

Aunque hoy en día no se comprenda la profunda revolución que significó en su tiempo, el ferrocarril tuvo durante un siglo el monopolio del tráfico terrestre, de pasajeros y

mercancías. Sin embargo, desde los años cuarenta su declive ha ido en aumento debido a dos fuertes competidores: la generalización del automóvil, por su individualismo, rapidez en desplazamientos y flexibilidad de prestaciones; y la difusión de la aviación, copando el mercado de las medias y largas distancias (Serrano Martínez, 2000). La competencia de estos otros medios de transporte y el alto coste de mantenimiento de la infraestructura, de carácter fijo, ha hecho que determinados corredores o líneas ferroviarias no sean rentables: se desmantelan tramos de vías, se reducen los servicios y se acumulan pérdidas, especialmente por la disminución de la cuota de mercado (Soria Cáceres, 2015).

Dentro de la política comunitaria, el primer avance importante en la reforma del sector ferroviario se produjo en 1991, con una pequeña apertura de las redes ferroviarias a la competencia. La liberalización de este sector, particularmente en el transporte de mercancías, siguió adelante con medidas para separar las infraestructuras y actividades mediante una serie de cambios legislativos conocidos como los cuatro “paquetes ferroviarios” (China Cáceres, 2015). Tras años de decadencia, a partir de 2001 el sector ferroviario europeo consiguió aumentar su volumen de pasajeros y transporte de mercancías y estabilizar su parte de mercado en relación con otros medios. Sin embargo, este porcentaje no ha aumentado tanto como se esperaba, debido sobre todo a un continuo declive en muchos países meridionales y orientales de la UE y a los persistentes problemas de interoperabilidad de las redes, así como cuestiones relacionadas con precios, puntualidad y fiabilidad (Unión Europea, 2014).

Desde la UE, se insiste en las posibilidades de este transporte, que es mucho más respetuoso con el medio ambiente y más seguro estadísticamente que el de carretera. De hecho, estudios recientes del CER (Comunidad Europea de Empresas Ferroviarias e Infraestructura) y UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) sugieren que el transporte de mercancías por ferrocarril en Europa tiene capacidad para alcanzar una cuota de mercado, para carga pesada, entre el 31-36%, en comparación con el 17,5% que posee en la actualidad. Por ello, las políticas europeas van dirigidas a alcanzar este verdadero potencial con el objetivo de reequilibrar los distintos tipos de transporte a largo plazo (Dablanc, 2009; Zunder *et al.*, 2013; EUROSTAT, 2018b).

En España, los ferrocarriles se nacionalizaron con la llegada del franquismo a través de la Ley de Bases de Ordenación Ferroviaria y de los Transportes de Carretera. Como consecuencia, se creó la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE), que tuvo el monopolio hasta la aprobación de la Ley 39/2003 del Sector Ferroviario. Con el objetivo de liberalizar el sector, se creó un Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), encargado de las tareas operativas que hasta ese momento desarrollaba RENFE, cuyo nombre cambió a RENFE-Operadora (China Cáceres, 2015). La liberalización del sector se manifiesta por el avance continuo de operadores privados, pasando de representar alrededor del 1% del mercado en el año 2007 a un 28,8% en términos de toneladas netas y un 38,0% en términos de toneladas-km netas en la actualidad.

En el año 2016, el tráfico ferroviario alcanzó en España los 26,3 millones de trenes-km (-33,2% respecto a 2007). Referido a mercancías, las toneladas netas transportadas fueron 26.618.000 y las toneladas-km netas 10.644 millones, una caída del -14,9% y del -5,1% respectivamente respecto a 2007. Esto supone menos del 5% de la carga total transportada en el país. También se observó un descenso en el aprovechamiento de estos trenes de mercancías, al sufrir mayores caídas las magnitudes de demanda que las de producción. En este sentido, el pasado mes de diciembre de 2017 se presentó el Plan de Impulso del Transporte de Mercancías por Ferrocarril 2017-2023 en el que se considera al transporte ferroviario de mercancías como un elemento clave en el desarrollo logístico del país. Entre las medidas destinadas a mejorar la eficiencia global del sistema destacan el apoyo al Plan de Gestión 2017-2019 elaborado por RENFE-Mercancías, la ampliación del parque de locomotoras de RENFE-Mercancías, la búsqueda de un socio estratégico para el operador público, la promoción y ayudas para incentivar el uso del ferrocarril en el transporte de mercancías y el desarrollo de las autopistas ferroviarias (Ministerio de Fomento, 2017).

La reinención del ferrocarril pasa por las líneas de alta velocidad (Serrano Martínez, 2000), siendo AVE (Alta Velocidad Española) la marca comercial utilizada por RENFE-Operadora.

Entre las obras de la red transeuropea, destaca especialmente para el litoral andaluz el RFC núm. 6, conocido como Corredor Mediterráneo (Figura 7).

Involucra seis países (España, Francia, Italia, Eslovenia, Croacia y Hungría) y la distancia de la línea es de más de 7.000 km desde Algeciras hasta Záhony (Hungría). Su importancia pasa porque une los puertos más importantes del sur de Europa y además está interconectado con otros seis corredores de mercancías que lo atraviesan (ADIF, 2014).

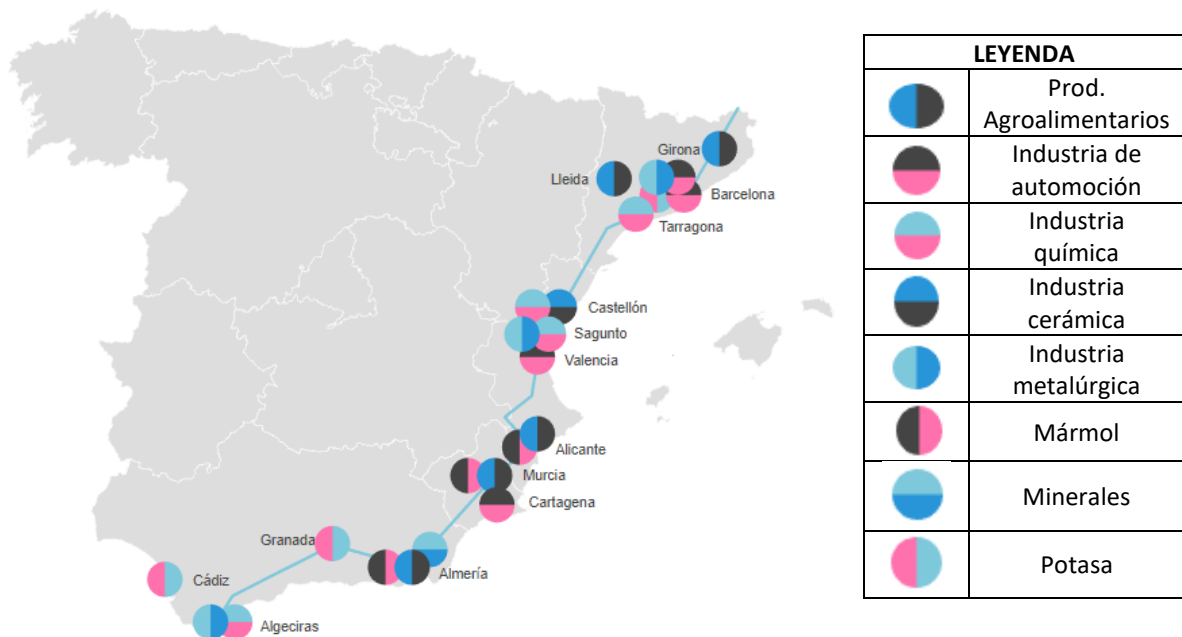
Figura 7. RFC 6 – Corredor Mediterráneo.



Fuente: Adaptado de Unión Europea (2016).

En este sentido, la Asociación Valenciana de Empresarios ha creado una plataforma³ con la que exige que el Corredor Mediterráneo pase de Algeciras a Perpignan (Francia) por toda la costa, de manera que se complete la estructura ferroviaria radial de alta velocidad actual con una circular (Figura 8). Para ello, se exige dotar a las vías de una doble plataforma mercancías-viajeros con ancho internacional, triplicar la red actual de alta velocidad, unificar los estándares de explotación ferroviaria con los del resto de Europa y fomentar la intermodalidad del transporte ferrocarril con el de carretera (AVE, 2018).

Figura 8. Implicación de la propuesta de Corredor Mediterráneo en el transporte de mercancías.



Fuente: Adaptado de <https://elcorredormediterraneo.com/el-corredor/>

En Andalucía y Murcia el Corredor presenta los mayores retrasos. En 2018, deben licitarse las obras de varios tramos entre Murcia y Almería, con doble vía en ancho internacional entre Murcia y Lorca, vía única entre Lorca y Vera y entre Níjar y Almería. No estará en funcionamiento antes de 2023, al igual que ocurre en el caso de la vía única electrificada en ancho ibérico entre Almería y Granada. El deseo de un tren por la costa para conectar Almería, Málaga y Algeciras ni siquiera está en estudio en el Ministerio de Fomento, aunque la conexión con Algeciras sí está contemplada por el interior desde Granada y Antequera, con vía única de tercer carril a partir de 2021 (Romero, 2018). En definitiva, en la actualidad no hay un proyecto unificado de Corredor, sino una sucesión de tramos con dobles vías, tercer carril o vías únicas con proyectos y fechas no armonizados. Se prevé que los tramos del resto de Europa estén unificados en 2030.

Por otro lado, hay que señalar que en el país el transporte ferroviario, de pasajeros y mercancías sólo supone el 1,39% de las emisiones, con 16.600 TJ consumidos en el año

³ En red: <https://elcorredormediterraneo.com/>

2015, siendo uno de los modos de transporte más sostenibles (Ministerio de Fomento, 2018a).

2.2.2.2.1. Ferrocarril y perecederos.

En general, el empleo del ferrocarril en el transporte de mercancías presenta ventajas y desventajas (Tabla 3). Sin embargo, en comparación con otras opciones, cuando los costes totales de los modos alternativos son similares, se tiene preferencia por el medio más rápido y de mayor calidad. En este sentido, para muchos productos y distancias inferiores de 200 kilómetros, el transporte por carretera es superior al ferroviario en términos de coste y viabilidad, por su flexibilidad, velocidad, transparencia, sencillez y la inexistencia de problemas de cruce de fronteras (Boer *et al.*, 2011).

Tabla 3. Ventajas y desventajas del transporte de mercancías en ferrocarril.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
– Capacidad de respuesta: transporte de grandes cantidades en largos recorridos.	– Ancho ibérico. El Estado Español y Portugal poseen un ancho de vía diferente al del resto de Europa lo que obliga a transbordar las mercancías o a utilizar vagones con ejes intercambiables con la consecuente pérdida de tiempo e incremento de los costes.
– Bajo coste.	– Poca flexibilidad en cuanto al destino final de descarga.
– Flexibilidad: transporte de una alta variedad de mercancías.	– Carencia infraestructuras. La accesibilidad del ferrocarril está limitada por la presencia de redes viarias y terminales de carga y descarga.
– Baja siniestralidad, sólo por encima del transporte aéreo.	– Falta de personal operativo cualificado, al no existir en toda Europa un permiso de conducir apto para todo el continente.
– Eficiencia energética.	– Necesidad de soluciones TICs para la planificación y control del operador del tren.
– Iniciativas de las administraciones públicas para el impulso del transporte por ferrocarril.	– Carril altamente ineficiente en la clasificación de mercancías de carga y descarga.
– Aumento de la promoción de los corredores intermodales.	
– Capacidad de crear economías de escala y ofrecer beneficios a los operadores logísticos.	
– Existencia de gran cantidad de licitaciones.	
– Creciente congestión de las carreteras.	

Fuente: García-Barranco y Pérez-Mesa (2015).

En el caso particular de los productos perecederos, no se suele emplear el transporte por ferrocarril por varias razones (Woroniuk *et al.*, 2013):

- **Hábitos:** los mayoristas son leales a sus transportistas tradicionales y el cambio de medio no se produce si no hay una necesidad por ausencia o un incentivo económico.

- Precios: los distintos corredores de transporte ferroviario no son competitivos con el transporte por carretera.
- Volúmenes: el ferrocarril está especializado en grandes cantidades, pero en el sector agrícola las cantidades se fragmentan entre varios proveedores más pequeños. Además, la mayoría de las grandes comercializadoras no demandan productos de manera homogénea sino que hay grandes picos de forma estacional.
- Tiempo: los productos son sensibles a la temperatura o la humedad, por lo que se necesita rapidez en el trayecto.
- Refrigeración: los contenedores refrigerados necesitan electricidad para mantenerse fríos, y esto no está disponible en los trenes de carga de actuales.

No obstante, hay casos que muestran que el ferrocarril puede ser una modalidad adecuada para el transporte de productos frescos. Por ejemplo, el servicio de contenedores refrigerados para productos frescos que unió Valencia y Dagenham (Essex, Reino Unido) entre 2009 y 2011. A través del Eurotúnel, el tren tenía una capacidad equivalente a unos 30 camiones refrigerados y transportaba naranjas, limones, tomates y lechuga en unas 58 horas, es decir, 12 horas menos que el tiempo que tarda un camión en hacer el mismo recorrido. Realizar este viaje una vez a la semana implicaba un ahorro de 8.265 toneladas de emisiones de dióxido de carbono en comparación con la huella ecológica del mismo transporte en camión (García-Barranco y Pérez-Mesa, 2015).

2.2.2.3. El transporte aéreo

El transporte aéreo en sus orígenes sólo estaba enfocado a pasajeros, pero hoy en día, gracias a la utilización de contenedores aéreos y nuevos diseños, el transporte de mercancías también es posible.

La política de la Unión Europea en esta materia ha estado orientada a la liberalización del mercado, concediendo licencias a nuevas compañías aéreas (para eliminar los monopolios nacionales), facilitando el acceso a los mercados y mejorando las tarifas, que eran muy elevadas. Hoy en día, los principales retos son: i) reducir la congestión, causante de retrasos prolongados, mediante la sustitución de los espacios aéreos nacionales por uno para toda la UE, aumentando su eficiencia y reduciendo costes; ii) garantizar la seguridad, por la utilización de este medio para ataques terroristas en las últimas décadas, como los atentados del 11-S en EEUU (Unión Europea, 2014).

El proceso de liberalización iniciado por la Unión Europea dio como resultado la creación de AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea), cuyo objetivo actual es gestionar la red de aeropuertos españoles y sus instalaciones. Desde su inicio en los 90, ha llevado a cabo la modernización de las infraestructuras aéreas, convertido a algunos aeropuertos españoles en los más importantes de Europa. Por otro lado, ENAIRE es el

gestor de navegación aérea del país y coordina la operativa nacional e internacional del tráfico aéreo.

En la actualidad, el transporte aéreo es de gran importancia en España, tanto para vuelos nacionales como internacionales. Por un lado, los primeros permiten las relaciones entre los territorios insulares de Baleares y Canarias con la península; y además, salvar las distancias existentes entre la capital y las ciudades costeras. Por otro lado, las conexiones internacionales han ido en aumento debido a la localización geográfica del país, una situación periférica respecto de Europa lo convierte en la puerta de entrada para las transacciones provenientes de Latinoamérica y Estados Unidos, y al hecho de que sea un gran destino turístico mundial.

En líneas generales, la evolución de la aviación ha sido asombrosa por los adelantos de navegación aérea, las telecomunicaciones y las nuevas tecnologías. Sin embargo, en España se observa que mientras que el desarrollo del transporte de pasajeros ha sido constante y muy considerable, el transporte de carga presenta un estancamiento y no logra el mismo tirón en su utilización para mercancías (Ministerio de Fomento, 2018a).

En España, el tráfico aeroportuario comercial registró un movimiento de mercancías (llegadas + salidas) de 918.305 toneladas en 2017, siendo el 86,0% de los mismos intercambios internacionales. Esto supone un incremento del 51,3% respecto a 2007. Desde los aeropuertos españoles, salieron 474.540 toneladas, el 86,3% hacia otros aeropuertos internacionales, destacando como destinos México, Catar, EEUU, Alemania y Emiratos Árabes Unidos. Los primeros 10 aeropuertos internacionales en volumen recogen el 46,8% del tráfico con salida desde España (Tabla 4).

Los aeropuertos españoles más importantes en el tráfico aéreo internacional de mercancías en el año 2017 fueron Adolfo Suárez Madrid-Barajas (55,0% del total de salidas de España con destino internacional), Zaragoza (19,2%) y Barcelona-El Prat (18,9%), acaparando entre los tres más del 90% de las salidas internacionales del país.

Tabla 4. Movimiento de mercancías desde los aeropuertos españoles hacia internacionales. Año 2017.

	Aeropuerto destino	País	Salidas (kg)	%
1	Internacional Benito Juárez de la Ciudad de México	México	31 276 899	7.64%
2	Hamad International	Catar	28 417 817	6.94%
3	New York John F. Kennedy International	EEUU	20 371 716	4.98%
4	Leipzig	Alemania	19 365 432	4.73%
5	Dubai	Emiratos Árabes Unidos	17 900 899	4.37%
6	Al Maktoum International	Emiratos Árabes Unidos	16 765 132	4.10%
7	Colonia Bonn	Alemania	15 051 215	3.68%
8	Incheon International	Corea del Sur	14 248 083	3.48%
9	Bogotá El Dorado	Colombia	14 193 344	3.47%
10	Miami Internacional	EEUU	13 955 080	3.41%
	TOTAL		409 371 627	
	TOTAL 10 Aeropuertos			46.79%

Fuente: AENA (2018).

A pesar de que el aeropuerto de Almería está preparado para realizar operaciones de carga aérea de gran envergadura, por su infraestructura y agentes (Tejero-Rioseras, 2011), en la actualidad representa un porcentaje ínfimo en estos tráficos y su evolución en la exportación de mercancías vía aérea ha sido muy regular (Tabla 5). El mejor registro de los últimos 10 años fue en 2016, con 35 toneladas exportadas a Marruecos (84,5%), Túnez (15,4%) y Reino Unido (0,1%).

En Andalucía, el aeropuerto de Málaga es el más importante (Ministerio de Fomento, 2018a).

Tabla 5. Evolución del tráfico aéreo internacional de mercancías desde el Aeropuerto de Almería. Salidas en kgs.

País destino	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Alemania									155	60	167
Bélgica				89			132				
Marruecos		29 576									
Túnez		5 404									
Reino Unido	1 609	33	7 172	28			39	107	175	715	1 414
TOTAL	1609	35013	7172	117	0	0	171	107	330	775	1581

Fuente: AENA (2018).

Hay que señalar que el transporte aéreo es responsable del 2.84% del consumo de energía final del transporte, con un consumo de 33.000 TJ en el año 2015 (Ministerio de Fomento, 2018a).

2.2.2.3.1. Transporte aéreo y perecederos

La competitividad del transporte aéreo se plantea principalmente en función de una segmentación en determinados nichos de mercado en los que el coste de oportunidad es comparable al del transporte alternativo de superficie (Ministerio de Fomento, 2008):

- Emergencias: transporte de piezas o repuestos para una maquinaria estropeada; envíos en los que existe el riesgo de incumplir un plazo o degradar la percepción de calidad de servicio de un suministrador. Los requerimientos para el transporte en estos casos se centran en minimizar el tiempo global puerta a puerta, por lo que una alta frecuencia de vuelos es clave, así como la opción de que los vuelos sean reservados con poca antelación. Además, la aerolínea debe ser capaz de hacer un seguimiento del envío e informar sobre la situación del mismo. Aunque presenta exigencias importantes para la compañía aérea, es rentable por el valor de las mercancías.
- Perecederos: al contrario que en el caso anterior, la demanda de transporte de perecederos suele poderse predecir ya que sigue pautas estacionales marcadas. Esto genera una sobrecapacidad en las temporadas valle, además de considerables desequilibrios direcciones. Suelen requerir condiciones especiales de manejo (carácter frágil, necesidad de refrigeración, olores), lo cual incrementa los costes de operación. Además, la sensibilidad al precio de este tipo de demanda es baja pero sólo en el corto plazo: si el coste del transporte sube por encima del valor de oportunidad de situar una determinada mercancía en mercados lejanos al de origen, la operación en su conjunto puede hacerse inviable conduciendo a su abandono.
- Mercancía rutinaria no perecedera: existe un transporte alternativo en superficie, por lo que la opción aérea se escogerá cuando la comparativa de costes sea favorable. En este sentido, los costes de empaquetado suelen ser más reducidos en transporte aéreo, como consecuencia del entorno más favorable y controlado. Además, el coste del seguro es habitualmente más bajo, el tiempo que la mercancía pasa viajando genera costes financieros que se pueden minimizar, y el coste de la planificación logística es menor porque la inversión en medios logísticos y stocks se minimizan, lo que permite la entrada rápida en mercados cuando las condiciones de demanda lo permiten.

En cualquier caso, presenta una serie de ventajas y desventajas (Tabla 6).

Tabla 6. Ventajas y desventajas del transporte aéreo de mercancías.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none">– Rapidez.	<ul style="list-style-type: none">– Alto costo
<ul style="list-style-type: none">– Agilidad en la tramitación administrativa.	<ul style="list-style-type: none">– Límite de peso y volumen de las mercancías, derivados de la capacidad de carga total del avión y las dimensiones de las puertas de acceso y salida.
<ul style="list-style-type: none">– Menor riesgo de daños a la mercancía.	
<ul style="list-style-type: none">– Medio de transporte con el menor índice de siniestralidad.	<ul style="list-style-type: none">– A pesar de su rapidez, condicionado en gran medida a las condiciones climáticas que pueden causar su cancelación o suspensión.
<ul style="list-style-type: none">– Flexibilidad de la carga, en función del tipo de avión.	
<ul style="list-style-type: none">– Control de seguimiento electrónico.	<ul style="list-style-type: none">– Restricciones legales de algunos países en interés de su propia seguridad.

Fuente: Peña-Caballero (2014).

Hoy día, América Latina es un ejemplo estable de este tipo de transporte. En ese sentido, Argentina se dedica a la exportación de salmón chileno, arándanos y cerezas principalmente a Miami (Cronista, 2017). Perú se ha especializado en la exportación de espárragos frescos, sobre todo a Estados Unidos (70%) y Europa (28%), y han ido en aumento el transporte de arándanos (Gestión, 2016). Grandes compañías como American Airlines son capaces de llevar a cabo estas transacciones, por la alta frecuencia que tienen sus vuelos y la utilización de aeropuertos como escala para abaratar costes hasta llegar al destino final (Portal Frutícola, 2013).

Los estudios señalan que la viabilidad de las exportaciones de productos hortofrutícolas está fuertemente condicionada a la necesidad de retorno. Es decir, llevar a cabo una logística inversa con la que el avión regresa con otra carga y se pueden repartir los costes. Por ejemplo, en Almería, en el año 2000, la empresa Andalucía Cargo intentó el transporte aéreo de productos con destino a Canadá, Islandia y EEUU. Para rentabilizar los costes, los aviones se dirigirían a su regreso de EEUU a Sudáfrica para transportar repuestos mecánicos y desde allí Andalucía Cargo importaría pescado. Finalmente, este proyecto no llegó a desarrollarse (Tejero-Rioseras, 2011, pág. 34).

2.2.2.4. El transporte marítimo

La navegación entre puertos dentro del mismo país o con países vecinos fue la práctica habitual de los marinos y comerciantes europeos durante siglos, antes de la existencia de las grandes rutas transoceánicas, y resultó una práctica beneficiosa tanto para la economía como para el intercambio cultural. Hoy en día, existen una multitud de líneas marítimas regulares que conectan los Estados miembros entre sí y con otros países ribereños, en un tipo de navegación que ha evolucionado a lo conocido como Transporte

Marítimo a Corta Distancia (TMCD) o Short Sea Shipping (SSS). Este, se entiende como “el movimiento de mercancías y pasajeros por mar entre puertos situados en territorio de la Unión Europea o entre esos puertos y puertos situados en países no europeos con una línea de costa en los mares que rodean Europa”, según la normativa comunitaria y la legislación española. Otros autores incluyen además el tráfico tanto nacional como internacional a lo largo de la costa y hacia y desde las islas, los ríos y los lagos (Usabiaga, 2009).

Este medio de transporte forma parte de las cadenas marítimo-terrestres y su competitividad depende de que se cubran todos los niveles de calidad y precio que impone la demanda de transporte. Además, para que sea eficaz y eficiente deben existir cadenas alternativas razonables de transporte ferroviario y/o por carretera. En consecuencia, el concepto de TMCD en Europa se basa también en la competencia entre las cadenas marítimo-terrestres y las exclusivamente terrestres (García Barranco et al., 2016).

El concepto de TMCD está vinculado con las denominadas Autopistas del Mar (AdM), rutas entre determinadas fachadas marítimas en las que es posible establecer cadenas logísticas, con procedimientos administrativos y de aduanas simplificados, e introducir sistemas comunes de gestión del tráfico. Es decir, las AdM parten de la idea de crear una “vía” permanente en el mar, estableciendo rutas con un horario y puertos de origen y de destino definidos, que no serán cambiados a corto plazo. Surgen con una opción de transporte “puerta a puerta”, suponiendo la combinación del TMCD con el transporte por carretera y el uso del camión para los eslabones de recogida y entrega.

El término fue introducido en el 2001 por el “Libro Blanco: la política europea de transportes de cara al 2010”, como una alternativa real y competitiva frente al transporte terrestre. Actualmente, las AdM son el proyecto número 21 dentro de los 30 proyectos prioritarios de la Red Transeuropea del Transporte (TEN-T) que les proporciona financiación y coordinación como un complemento y extensión de los nueve corredores de la red básica de la TEN-T.

Los tres objetivos principales de las AdM son (González y Novo, 2007; Vidal, 2007): proporcionar un sistema de transporte de mercancías más eficiente, disminuyendo los costes y la contaminación; reducir la congestión en las carreteras europeas; y, generar conexiones para las regiones periféricas.

Por su parte, la Unión Europea ha identificado varias autopistas que conectan países con cierta proximidad geográfica, con distancias que oscilan entre los 1.000 y 2.000 kilómetros, capaces de ser competitivas respecto a las alternativas terrestres correspondientes. La TEN-T distingue cuatro AdM de interés europeo (Figura 9):

- Autopista del Mar Báltico: une a los miembros del báltico con los del centro y oeste, incluyendo una ruta a través del mar del Norte y el canal del mar Báltico.

- Autopista del Mar de Europa Occidental: que enlaza Portugal y España, a través del arco atlántico, con el Mar del Norte y el Mar de Irlanda.
- Autopista del Mar de Europa Sudoriental: que enlaza el Mar Adriático con el Mar Jónico y con el Mediterráneo Oriental para incluir a Chipre.
- Autopista del Mar de Europa sud-occidental (Mediterráneo Occidental): que enlaza España, Francia, Italia y Malta, y que se une con la autopista marítima de Europa Sudoriental.

Figura 9. Mapa de las Autopistas del Mar europeas.



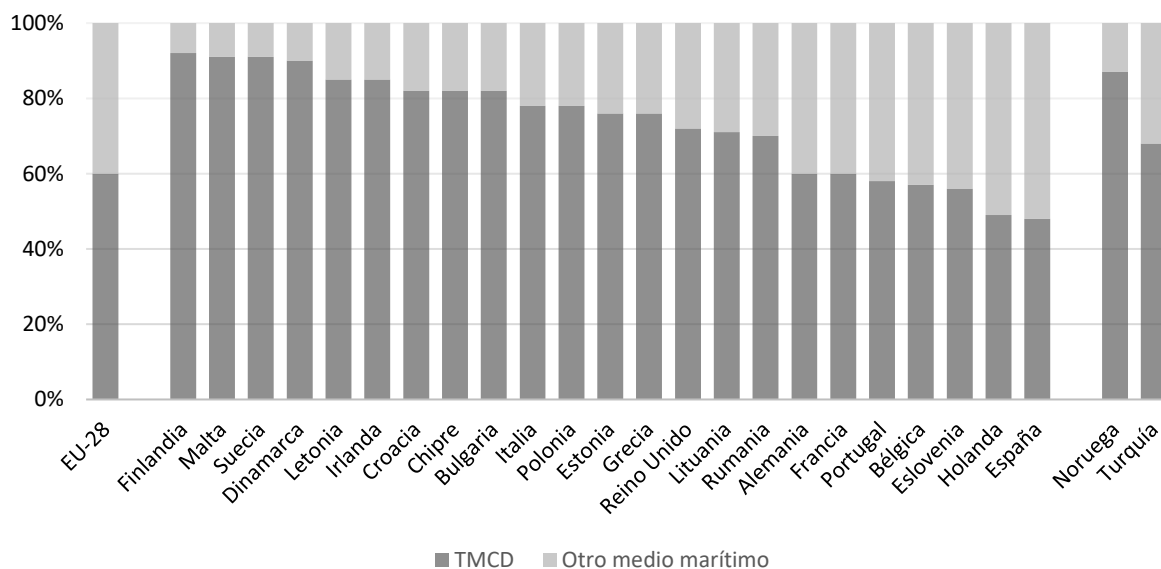
Fuente: *Mobility and Transport, European Commission (2018)*.

La política de España en esta materia sigue las líneas de la UE y contempla dentro del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte (2005-2020) el fomento tanto de las AdM como del TMCD, favoreciendo la integración de los puertos con las grandes

cadena de transporte internacional mediante el desarrollo de infraestructuras y sistemas de gestión específicos (Ministerio de Fomento, 2005).

En conjunto, aunque Europa participa activamente en el tráfico marítimo internacional, el TMCD absorbió el 60% del total de las mercancías que salieron y entraron en los puertos europeos en el año 2016, transportándose 1.9 billones de toneladas de bienes (EUROSTAT, 2018a). Este porcentaje varía considerablemente en función del país, siendo mayor del 90% en países como Finlandia o Suecia y menor del 60% para Francia o Portugal (Gráfico 14). Estas diferencias se deben fundamentalmente a consideraciones geográficas, como la longitud de las líneas costeras, y al número de servicios de conexión, como los barcos *feeder* (“alimentadores”) que suministran la carga de puertos oceánicos a puertos adyacentes más pequeños. En España y Países Bajos, la participación del TMCD es inferior al 50% porque existen importantes puertos centrados en comercio intercontinental.

Gráfico 14. Porcentaje de TMCD de mercancías sobre el transporte marítimo total en 2016. Toneladas.



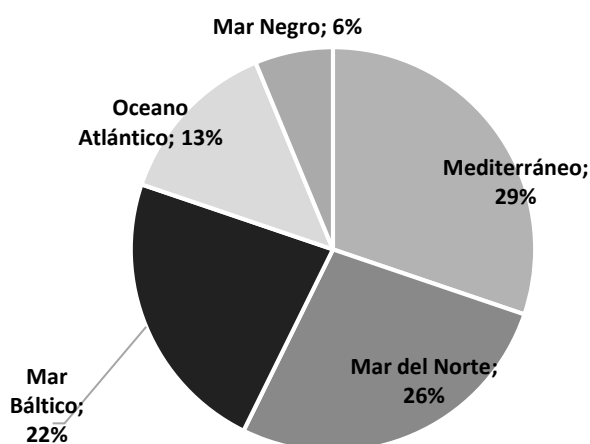
Fuente: Elaboración propia a partir de EUROSTAT (2018a).

Por su parte, Reino Unido es líder en la utilización del TMCD con 315 millones de toneladas transportadas en 2016, seguido por los Países Bajos e Italia con 286.1 y 283.3 millones de toneladas respectivamente. En España, el flujo fue de 199.1 millones de toneladas, lo que la sitúa en cuarto lugar. De los mismos, 84.9 millones se transportaron hacia el exterior.

El Transporte Marítimo de mercancías de Corta Distancia entre los principales puertos de la UE y los puertos ubicados en el Mediterráneo ascendió a casi 611 millones de toneladas en 2016, lo que representa el 29% del total de tonelajes de TMCD de la UE para todas las regiones marítimas. El Mediterráneo fue seguido por el mar del Norte y el mar Báltico, con participaciones del 26% y el 22% del tonelaje total, respectivamente

(Gráfico 15). En España, el TMCD tuvo lugar sobre todo en el mar Mediterráneo (51%), seguido del océano Atlántico (23%) y el mar del Norte (15%).

Gráfico 15. Porcentaje de TMCD por zonas marítimas. Año 2016. Toneladas.



Fuente: Eurostat (2018a)

Según el tipo de mercancías, al igual que otros años la carga líquida a granel fue dominante con 838 millones de toneladas, lo que representa el 45% del total transportado entre los puertos europeos en 2016. Fue seguida de carga sólida a granel, contenedores y sistemas roll on-roll off, conocidos como Ro-Ro, con 365, 278 y 247 millones de toneladas, respectivamente. En España, las mercancías transportadas bajo TMCD respondieron al tipo carga líquida a granel en el 41% de los casos, seguido de contenedores con un 25%. El transporte Ro-Ro, que podría ser muy útil para perecederos, solo supuso un 7% en nuestro país, siendo Reino Unido el líder en este tipo de cargas.

Además, se puede decir que las líneas de TMCD existentes en Europa presentan, en general, una serie de características comunes:

- El desarrollo en mares cerrados, en los que la cadena terrestre-marítima es claramente inferior en distancia a la terrestre.
- Tienen servicio regular, con frecuencias mínimas de un servicio semanal y velocidades marítimas elevadas.
- Se realizan dos clases básicas de operaciones: servicios de carga horizontal Ro-Ro, donde el barco transporta la carga sobre ruedas, utilizando una rampa para carga y descarga; y servicios de carga vertical Lo-Lo, donde la carga y descarga utiliza una grúa en tierra o en el mismo barco.

En la actualidad, existen diferentes iniciativas de TMCD a nivel español alternativo a la carretera. Como recoge el Observatorio Estadístico del Transporte Marítimo de Corta Distancia en España, en el primer semestre de 2017 en la fachada atlántica se registraron 31 líneas, operadas por 27 navieras, lo que supuso el enlace de 62 puertos. Por su parte, en la fachada mediterránea había 35 líneas, operadas por 29 navieras, enlazando 71

puertos. De todas estas líneas, se consideran parte de Autopistas del Mar dos líneas en la fachada atlántica y otras tres en la mediterránea, con una frecuencia de tres y cinco salidas semanales, respectivamente (Shortsea Promotion Centre, 2017).

La evolución del año 2016 al año 2017 en cuanto al volumen de mercancías transportadas según las Autoridades Portuarias (Tabla 7) muestra que en la Fachada Atlántica se han registrado descensos en Pasajes (-7,7%) y Ferrol – Can Cibrao (-2,3%), mientras que en Vigo se mantiene el aumento de los tráficos que genera su AdM (5,9%). Por otro lado, Bilbao y Santander presentan importantes crecimientos (26,4% y 14,5% respectivamente).

En la Fachada Mediterránea, los mayores crecimientos se han registrado en los puertos con relaciones con el norte de África, destacando Motril (209,6%), Almería (13,1%) y Bahía de Algeciras (7,4%). También se han registrado crecimientos en los puertos de Valencia (11,9%) y Barcelona (6,8%). Por el contrario, en Alicante y Castellón se observan descensos (-19,1% y -15,4% respectivamente).

Se aprecia que por el volumen transportado, los puertos más importantes son Santander y Bilbao en la Fachada Atlántica y Bahía de Algeciras, Barcelona y Valencia en la Mediterránea.

Tabla 7. TMCD. Mercancías Ro-Ro según fachada y Autoridad Portuaria. Evolución 2016-2017. Miles de toneladas.

Fachada Atlántica							
	Santander	Bilbao	Vigo	Pasajes	Ferrol-San Cibrao		
2016	709	600	387	186	71		
2017	812	758	410	172	70		
Fachada Mediterránea							
	Bahía de Algeciras	Barcelona	Valencia	Castellón	Motril	Almería	Alicante
2016	6350	3862	3021	206	116	242	105
2017	6821	4123	3380	174	360	274	85

Fuente: Elaboración propia a partir de Shortsea Promotion Centre (2017).

Por último, señalar que el transporte marítimo es responsable de un 1,5% del consumo de energía final del transporte en España, con unos 18.000 TJ consumidos en el año 2015 (Ministerio de Fomento, 2018a).

2.2.2.4.1. TMCD y perecederos

El empleo del TMCD muestra algunas ventajas e inconvenientes frente a la realización de los trayectos íntegramente por carretera (Tabla 8).

Tabla 8. Ventajas y desventajas del transporte aéreo de mercancías.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> - Menor saturación y menor coste de las infraestructuras marítimas que de las terrestres. - Bajo consumo energético y, por tanto, menores emisiones de CO2. La eficiencia energética es superior a la del ferrocarril y el camión, en términos de t-km. - Alta seguridad y baja siniestralidad. - Mejora de las comunicaciones: un mayor aprovechamiento del TMCD supondría una mayor cohesión europea, sobre todo de países periféricos como España. - Mayor grado de internalización de los costes externos. Los principales costes externos en el caso del transporte son: los vinculados con la saturación de infraestructuras, los accidentes de tráfico, la contaminación ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor flexibilidad que el transporte por carretera: menor tamaño de las partidas en comparación con la carga que debe transportar un buque para ser rentable; mayor normalización de los vehículos frente a las características de los buques, dependiendo del tipo de carga, las infraestructuras portuarias, etc; gran flexibilidad en el itinerario. - Menor eficiencia, fiabilidad y puntualidad del transporte marítimo frente al transporte por carretera. - Visión del TMCD como un transporte anticuado, lento y complejo, que se emplea en grandes operaciones a granel. Para que el TMCD sea competitivo necesita de buques adaptados con las nuevas tecnologías en el ámbito de las comunicaciones y la localización (tanto de la carga como del transporte). - Gran cantidad de trámites administrativos en las aduanas de algunos Estados miembros. Existe una necesidad de simplificación de los documentos y procedimientos. - Grandes periodos de inmovilización en los puertos que tienen que ver con la carencia de infraestructuras y buenas conexiones modales, así como, las deficiencias en la manipulación del producto. - Dificultad de los cargadores para generar suficiente volumen de carga.

Fuente: García Barranco et al. (2016).

La oportunidad de este sistema deriva de la existencia de un coste tendencial positivo para el transporte terrestre y la existencia de “cuellos de botella geográficos”, como en la zona de los Alpes y los Pirineos, en los que se producen grandes congestiones de tráfico. Además, la política tanto nacional como comunitaria apoya el desarrollo de transportes alternativos de gran capacidad de crecimiento.

Para el tráfico de productos perecederos por vía marítima, los equipamientos disponibles son (Palao y Salinas, 2007):

- Navíos de comportamientos refrigerados (*Breakbulk reefer vessels*).
- Navíos para granel (*Bulk vessels*).
- Contenedores refrigerados (*Reefer containers*), para uso por vía marítima o fluvial.

Como ejemplos de líneas rentables en el tráfico de perecederos destaca Motril, con tráfico Ro-Ro, y con potencial para ser una alternativa al puerto de Algeciras en el transporte con el norte de Marruecos. En este sentido, la naviera FRS que une Motril y Tánger transporta a diario unas 70 unidades de carga, principalmente frutas y hortalizas (Granada Hoy, 2018).

2.2.2.5. La intermodalidad

Como se ha mencionado, la optimización de la cadena de suministro es un factor clave de la gestión empresarial, considerándose un elemento diferenciador frente a los competidores, y dentro de ella, el transporte por carretera es un punto conflictivo por el incremento tendencial de su coste, su capacidad contaminante y la saturación de rutas. Por ello, desde los distintos eslabones de la cadena de suministro se intenta llevar a cabo una transformación hacia un modelo más sostenible. En este sentido, la intermodalidad se presenta como un modo de transporte con mayor eficiencia y respeto al medio ambiente, entendida como el movimiento de mercancías en una misma unidad de carga, utilizando dos o más modos de transporte, sin manipulación de la mercancía al cambiar de medio, y donde la mayor parte de la ruta se realiza por ferrocarril o vía navegable. Se desarrolla en una serie de etapas: i) recogida en la zona de origen y transporte por carretera a la terminal intermodal, ii) transbordo de la mercancía al siguiente medio de transporte empleado (ferroviario, marítimo, aéreo), iii) transporte de la carga transporte entre las terminales intermodales de origen y destino; iv) transferencia de los productos a un camión; v) y distribución por carretera desde la terminal al lugar final de destino de la mercancía (García-Barranco y Pérez-Mesa, 2015).

El principal objetivo de este sistema es aprovechar las fortalezas de distintos medios de transporte en una cadena integrada, optimizando el rendimiento económico. Sin embargo, para que la intermodalidad sea considerada una alternativa al transporte por carretera de larga distancia, los costes generales tienen que ser iguales o inferiores y los costes adicionales, causados por el pre y post-transporte, así como los de trasbordos en las terminales intermodales, deben ser compensados (Hanssen *et al.*, 2012).

Además, no solo existen beneficios económicos sino también ambientales, puesto que al combinar distintos medios de transporte y utilizar el más adecuado en cada parte del viaje, el impacto ambiental se reduce. Por ello, desde la Unión Europea la intermodalidad se ha incluido en los diferentes Libros Blancos del Transporte como una estrategia a fomentar, con la que hacer frente a la congestión de las principales rutas europeas, disminuir la emisión de CO₂, y reducir la siniestralidad (Unión Europea, 2001; Unión Europea, 2011).

En España, siguiendo la línea marcada por la UE, la intermodalidad forma parte de las directrices de actuación del Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2020, tanto para el transporte de pasajeros como de mercancías. En relación con este último,

algunos objetivos son: i) la mejora de la capacidad intermodal de los puertos y de sus accesos ferroviarios; ii) la consolidación de la red intermodal de plataformas logísticas y centros de mercancías en cooperación con el resto de administraciones públicas, operadores y del sector privado; iii) la creación de corredores multimodales de transporte de mercancías que complementen a los corredores tradicionales; iv) el desarrollo de las autopistas del mar (Ministerio de Fomento, 2005).

En 2016, la distribución por modos de la mercancía transportada en la UE fue: el 50,9% por carretera, el 33,3% mediante transporte marítimo, un 11,6% en tren, el 4,2% en vías navegables interiores y un 0,1% en transporte aéreo (% sobre el total de toneladas-km, según EUROSTAT, 2018a). Esto demuestra que, a pesar de las iniciativas gubernamentales, los objetivos de equilibrio modal no se han alcanzado y continúa predominando el transporte por carretera sobre el marítimo y ferroviario, poniendo de manifiesto la dificultad del cambio dentro del comercio interior.

Aunque se observa que el potencial para el transporte por ferrocarril y marítimo apenas ha sido explotado, en el caso de las frutas y hortalizas, existe cierta reticencia por parte de los exportadores a la utilización de otros medios de transporte que no sean el camión, sobre todo en destinos europeos como Alemania o Inglaterra, por la flexibilidad de éste a la hora de ofrecer un servicio “puerta a puerta”. Además de las preferencias de los operadores, hay otras razones que explican esta situación, por ejemplo, la carencia de una infraestructura de transporte que una el transporte marítimo con los modos de superficie y elimine las restricciones derivadas de la ruptura de las cadenas de transporte (Pérez y Salinas, 2010).

En el transporte de mercancías perecederas hay que tener especial cuidado con aspectos ya que son productos muy sensibles, y las soluciones de transporte intermodal pueden hacer que el tiempo de tránsito sea excesivo o que el producto sea dañado en los transbordos. Sin embargo, estos obstáculos pueden ser gestionados, por lo que el transporte intermodal presenta un potencial alto de crecimiento. Aún así, los productos perecederos siguen siendo transportados por carretera, al ser un sistema flexible que ofrece un servicio “puerta a puerta” con un tiempo de tránsito corto.

Sin embargo, a nivel europeo, existen conexiones férreas y marítimas que permiten el transporte de todo tipo de mercancías por el continente y las mejoras tecnológicas permiten la existencia de casos de éxito en el transporte de mercancías perecederas. Respecto al TMCD, los requisitos mínimos que facilitan el éxito del tránsito para estos productos son (García-Barranco y Pérez-Mesa, 2015):

- Grupaje de cargas para reducir el coste por tránsito, unido a asegurar cargas mínimas para garantizar un tráfico regular.
- Se requiere la organización de los operadores en origen para completar cargas.
- La participación del cliente no es indispensable, ya que existen opciones varias de almacenaje de cargas en los puertos.

La causa principal que dificulta la utilización de este sistema es el retraso y la aleatoriedad en los plazos de entrega, una circunstancia que también se repite con el transporte ferroviario.

Tras el análisis de la situación actual de los distintos modos de transporte, se aprecia que la intermodalidad en el transporte de mercancías presenta muchas posibilidades futuras ante la gran saturación del transporte por carretera. La intermodalidad racionaliza la cadena logística de transporte a la par que reduce el consumo de energía, promueve el adecuado uso de las infraestructuras y disminuye el impacto medioambiental aprovechando la capacidad del transporte marítimo y del ferrocarril y a su vez la mayor flexibilidad que proporciona el transporte por carretera. Además, las políticas públicas y las iniciativas privadas van encaminadas a la promoción de modos alternativos al transporte por carretera.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Planteamiento

De la revisión bibliográfica se extrae que la intermodalidad es una solución eficiente y sostenible frente al transporte por carretera. Sin embargo, para que sea considerada una alternativa, los costes generales tienen que ser iguales o inferiores a este. Además, en el transporte de perecederos es fundamental garantizar determinados tiempos y condiciones que aseguren la calidad final, como la refrigeración.

Los principales clientes del sector hortofrutícola de España coinciden con los de Almería y son Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos e Italia (Europa Occidental). Como se ha explicado en el capítulo anterior, actualmente la mayor parte de estos tráficos se realizan por vía terrestre con camión refrigerado. Ante este hecho, la falta de desarrollo de las vías ferroviarias que rodean Almería y las ventajas del TMCD, la opción intermodal con prioridad del transporte marítimo es la alternativa más factible.

A su vez, de los diferentes tipos de buques que realizan las operaciones básicas del TMCD, los buques Ro-Ro (roll-on-roll-off, en el cual el barco transporta la carga sobre ruedas, utilizando una rampa para carga y descarga) son los más adecuados para distancias marítimas cortas, como en el caso de este trabajo. A pesar de un mayor coste respecto a los sistemas de carga vertical, permiten seguir utilizando el camión refrigerado de origen, tienen servicio regular con mayores frecuencias y alcanzan velocidades marítimas más elevadas.

Además, del análisis del *cluster* agroindustrial almeriense se extrae que las comercializadoras son el miembro de la cadena con mayor probabilidad de implantación de la intermodalidad, ya que agrupan los recursos de sus asociados y mueven mayores volúmenes de hortalizas que agricultores individuales.

Por todo ello, el trabajo se ha dividido en cuatro estudios, orientados a cumplir los objetivos específicos de este trabajo y con ellos el objetivo principal, comprobando en conjunto el potencial de la logística terrestre-marítima en el transporte de hortícolas desde Almería vía camión refrigerado y buques Ro-Ro.

Para demostrar las diferentes formas de abordar la logística dentro de la GCS, se añade un Anexo IV en el que se recoge un estudio preliminar sobre la creación de un centro de redistribución en destino.

3.2. Estudios

A) Probabilidad de implantación

El primer estudio parte sobre una encuesta general sobre la problemática (Anexo I), realizada con la colaboración de COEXPHAL a un total de diez empresas agroalimentarias, para comprobar si existe un interés real por la problemática estudiada en este proyecto. Ésta se diseñó a través de la herramienta “Formularios” de Google Drive y los resultados fueron analizados con Microsoft Excel 2016.

La encuesta se centra en comercializadoras (cooperativas y SAT) como el miembro de la cadena con mayor capacidad para liderar el cambio hacia la intermodalidad.

B) Predicción del tránsito futuro de mercancías

A partir de la base de datos del Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX), se seleccionan unos clientes principales y otros complementarios con los que establecer el mercado potencial del transporte intermodal hortofrutícola. A continuación, con datos de EUROSTAT, se estudia la densidad de población de los países seleccionados, aceptando que las áreas más pobladas son las que tienen mayor capacidad de compra. Por último, se asume una parte de las exportaciones de Granada y Murcia por estar dentro del área de influencia de Almería.

Con todo lo anterior, se define el volumen a transportar tanto por la Fachada Atlántica (distinguiendo Reino Unido y el centro de Europa) como por la Mediterránea, y el tráfico en cada zona.

C) Determinación de puntos finales de descarga óptima

El tercer estudio tiene como objetivo planificar rutas factibles marítimo-terrestres. En un primer momento, dados los altos volúmenes de producción almeriense, se planteó el diseño de nuevas rutas desde el puerto de Almería. Finalmente, debido al alto grado de organización que se requiere y en vista de los intentos fallidos de años anteriores, se decidió estudiar rutas existentes, con tráfico en la actualidad, de forma que los resultados reflejen una posibilidad real y no ficticia.

Para ello, se lleva a cabo una búsqueda de operadores y un análisis de rutas existentes, utilizando como material los informes de las principales Autoridades Portuarias y de las navieras privadas que ofrecen estos servicios. Así, se seleccionan tres puertos de descarga para cada zona, buscando las mayores frecuencias, los mejores precios entre navieras y las menores distancias terrestres.

D) Análisis de barreras económicas, físicas y ambientales en la implantación de la intermodalidad

A partir de la información recopilada en los estudios anteriores, se diseñan diferentes rutas y se calculan los costes, los tiempos de tránsito y el impacto ambiental. En función de estos criterios, se evalúa la calidad del servicio mediante una comparativa entre la situación actual (vía terrestre por camión refrigerado) y la potencial (uso intermodal terrestre + marítimo).

Para ello, se utiliza como herramienta el simulador de cadenas de transporte dentro de la plataforma CoModalWeb 2.0, diseñado por el Ministerio de Fomento en colaboración con la Asociación Española para la Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia, la Universidad de Cantabria, la Escuela Europea de Short Sea Shipping y las Autoridades Portuarias de los principales puertos españoles.

Se consideran 18 toneladas netas de carga refrigerada en semirremolques vía terrestre y vía marítima con buques Ro-Ro; y se realizan diez simulaciones diferentes: una ruta directa hacia Reino Unido, cuatro por la vía atlántica y cinco vía el mar Mediterráneo. El origen de cada simulación fue Almería y el destino la capital del país o una de las principales ciudades del área.

El simulador tiene en cuenta que en el vehículo sólo va un conductor y calcula el tiempo de cada trayecto respetando tanto el descanso diario como las pausas obligatorias en la conducción diaria.

Los parámetros que se deben definir para el simulador son los costes en €/km y la velocidad media para los tramos terrestres en km/h.

Los costes se calculan a partir del coste nominal del año 2018 para un vehículo frigorífico de doble eje, según el Ministerio de Fomento. Sabiendo que el combustible supone el 24,4% de los mismos, se puede ajustar el valor teniendo en cuenta el precio medio del gasoil en cada país europeo. Los demás factores (reparaciones, mantenimiento, personal de conducción...) se asumen desde España y se mantienen constantes (Anexo II).

Las velocidades se obtienen a partir de la Guía de seguridad vial de la Unión Europea⁴, y se prioriza el transporte vía autovía frente a autopista, para no considerar peajes. Se aplica una reducción del 5% a la velocidad máxima de la vía para este tipo de vehículos, asumiendo pérdidas a lo largo del trayecto por la utilización de vías secundarias, incorporaciones, pendientes, entre otras (Anexo III).

Los resultados se analizaron utilizando el software Microsoft Excel 2016.

⁴ En red: http://ec.europa.eu/transport/road_safety/going_abroad/index_es.htm

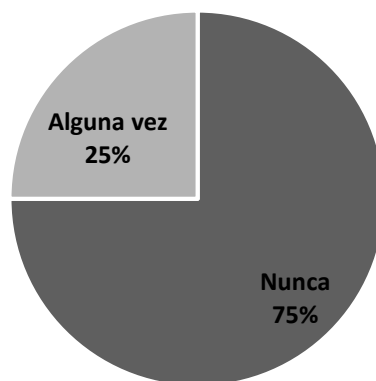
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio A: Probabilidad de implantación

Del análisis de las encuestas se obtiene que el tiempo medio de transporte de la mercancía es de 47 ± 10 horas. Por otro lado, el porcentaje que asume la propia empresa almeriense es de una media del 31 ± 10 %, siendo el resto de portes gestionados por el cliente.

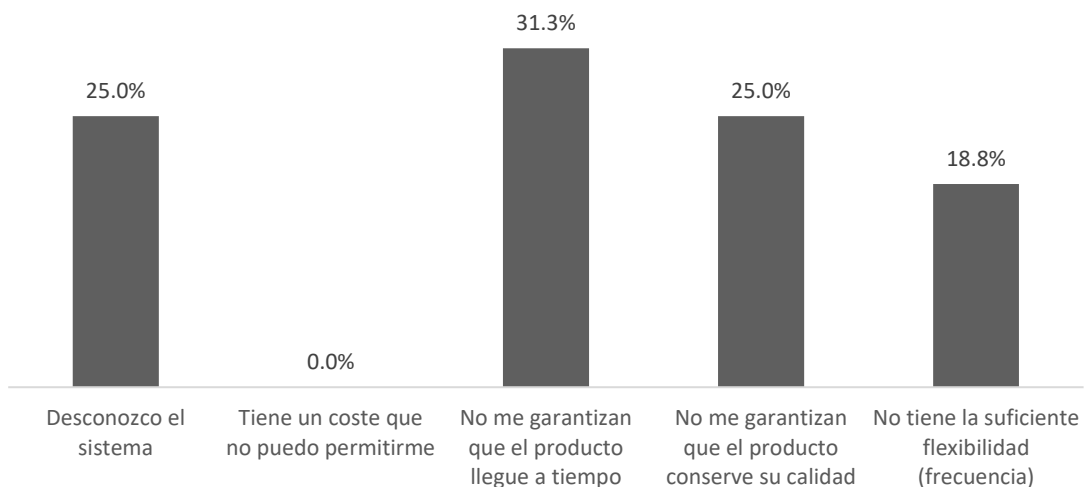
El transporte marítimo había sido utilizado alguna vez por el 25% de los encuestados. Sin embargo, su uso de media en la última campaña se estableció en menos del 2% (Gráfico 16).

Gráfico 16. Utilización del transporte marítimo para el transporte de perecederos.



Las comercializadoras que nunca habían utilizado el transporte marítimo, respondieron que la principal razón fue que no se garantizaba que el producto llegara a tiempo. Los otros dos motivos más importantes son el desconocimiento del sistema y que no se garantiza la conservación de la calidad (Gráfico 17).

Gráfico 17. Razones por las que no se utiliza el transporte marítimo.



Por otro lado, el factor más importante a la hora de elegir un sistema de transporte es que el envío se haga en el menor tiempo posible, seguido de que los costes sean los más

bajos (Tabla 9). Además, se describieron otros tres factores: la frecuencia del medio que repercute en el tiempo, la disponibilidad en tiempo real del medio de transporte y que no hay alternativas reales al camión.

Tabla 9. Factores para elegir un sistema de transporte

	MEDIA	DESV. TIP
El envío se hace en el menor tiempo de entrega posible	4.6	0.5
Los costes son los más bajos	4.0	1.1
Se mantiene la calidad de los productos enviados de acuerdo a los estándares de producción y la regulación del país de destino	2.5	1.1
Se utiliza un medio y servicio solicitado por el cliente	2.4	0.8
Se utilizan los medios de transporte más respetuosos con el medioambiente	1.5	0.7

Valoración del 1 al 5 donde 5 es el más importante y 1 el que menos.

Finalmente, el 100% de los encuestados manifestó su disposición a asociarse temporalmente con otras empresas para hacer envíos en conjunto utilizando nuevas opciones de transporte.

4.1.1. Discusión

Por un lado, las encuestas demuestran que aunque el cambio modal puede ser liderado por las comercializadoras, debe hacerse en conjunto con sus principales clientes, las grandes distribuidoras europeas, puesto que son quienes realmente gestionan la mayoría de los portes.

Como era de esperar, el transporte marítimo prácticamente no es utilizado, principalmente por una cuestión de tiempo.

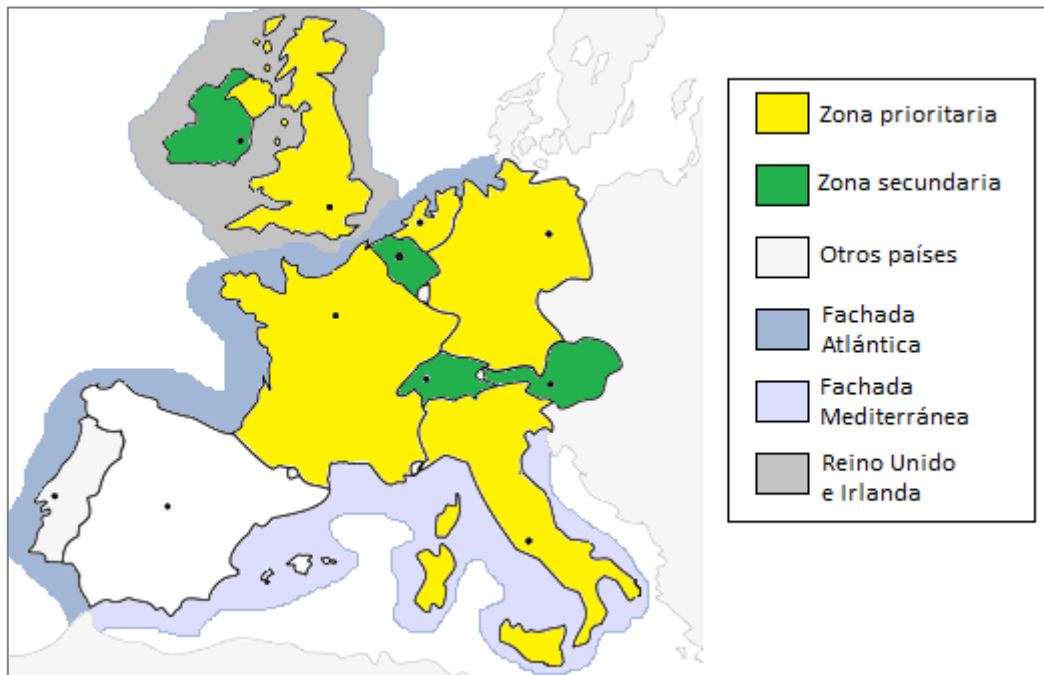
En cuanto a los criterios para elegir un sistema de transporte, asegurar tiempos y costes son los factores más importantes. Sin embargo, se observa una contradicción en el sector, ya que mientras que las políticas europeas y las tendencias de consumo priorizan cada vez más la sostenibilidad medioambiental, este es el criterio menos valorado por las comercializadoras encuestadas.

En conjunto, las encuestas manifiestan una predisposición hacia nuevas formas de transporte mientras se aseguren tiempos de envío y costes y se acompañe de formación.

4.2. Estudio B: Predicción del tránsito futuro de mercancías

Existiendo una predisposición por parte de los miembros del sector, para conocer la viabilidad de la propuesta es necesario calcular la actual demanda hortofrutícola procedente de Almería en las vertientes Atlántica y Mediterránea. Por un lado, los países prioritarios son aquellos que desde hace años son los mayores importadores de productos almerienses, es decir, Alemania, Francia, Reino Unido, Países Bajos e Italia. Por otra parte, hay una zona secundaria de países complementarios que aunque importan una menor cuota pueden verse beneficiados de las líneas intermodales por su proximidad y buenas conexiones con la zona prioritaria: Bélgica, Suiza, Austria e Irlanda (Figura 10). Dada la necesidad de añadir un segundo buque una vez llegado a Reino Unido y debido a los bajos volúmenes que se demandan, se descartó considerar Irlanda dentro de la zona de influencia de Reino Unido a efectos de cálculo.

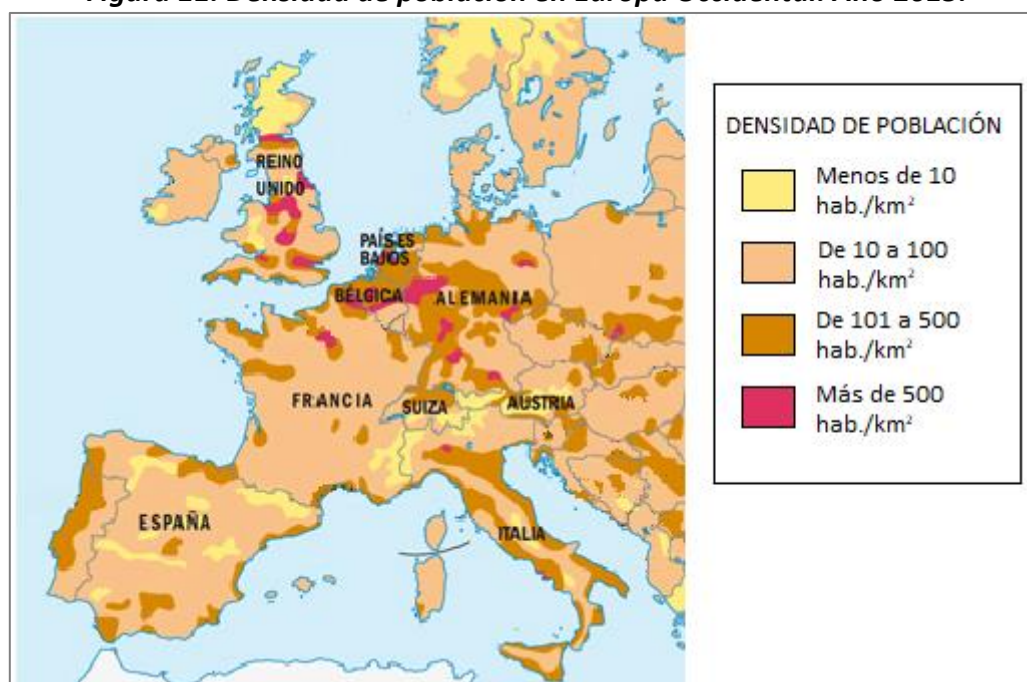
Figura 10. Localización de la demanda hortofrutícola almeriense en Europa Occidental.



En función de la densidad de población de estos países (Figura 11), se puede estimar la demanda final (o el consumo o aprovisionamiento necesario), asumiendo que las zonas más pobladas son las que poseen mayor capacidad de compra. Así, la fachada mediterránea tiene capacidad para suministrar aproximadamente el 40% de Francia, el 25% de Alemania y el 100% de Italia, Suiza y Austria. Por otro lado, desde la fachada atlántica se puede abastecer el 100% de Reino Unido, así como el 100% de Bélgica y Países Bajos, un 60% de Francia y en torno a un 75% de Alemania. Sin embargo, Reino

Unido tiene una demanda suficiente para utilizar una línea directa con la que evitar la utilización de un segundo buque desde el primer puerto, ahorrando en tiempo.

Figura 11. Densidad de población en Europa Occidental. Año 2015.



Fuente: Elaboración propia a partir de EUROSTAT (2017).

Por otra parte, se contempla la posibilidad de que parte de la producción de Granada y Murcia se comercialice a través de estas líneas intermodales. Para este trabajo, se asume el 20% de las exportaciones de Granada y el 10% de Murcia (Tabla 10).

Tabla 10. Exportaciones de frutas y hortalizas de Almería y su área de influencia. Año 2017. Toneladas.

	Almería	%	Murcia	%	Granada	%
Alemania	780 226	32.5%	443 220	24.9%	63 672	32.2%
Francia	356 046	14.8%	317 870	17.8%	19 986	10.1%
Reino Unido	280 628	11.7%	395 738	22.2%	16 952	8.6%
Países Bajos	272 356	11.3%	188 193	10.6%	42 074	21.3%
Italia	151 613	6.3%	61 173	3.4%	3 367	1.7%
Bélgica	46 321	1.9%	41 801	2.3%	4 934	2.5%
Austria	35 888	1.5%	28 304	1.6%	1 373	0.7%
Suiza	14 244	0.6%	17 300	1.0%	1 986	1.0%
Otros	464 859	19.4%	289 050	16.2%	43 328	21.9%
Total	2 402 181	100.0%	1 782 648	100.0%	197 672	100.0%

Fuente: Elaboración propia a partir de ICEX (2017).

Teniendo en cuenta las zonas a abastecer y la producción que se asume de Granada y Murcia, se obtiene la estimación del posible tránsito (Tabla 11).

Tabla 11. Estimación de tránsito según destino. Año 2017. Toneladas.

Tránsito estimado (Toneladas)	Zona atlántica		Zona mediterránea
	100% Reino Unido	60% Francia + 75% Alemania + 100% (Bélgica + Países Bajos)	40% Francia + 25% Alemania + 100%(Italia + Suiza +Austria)
Almería (100%)	280 628	1 117 474	539 220
Granada (20%)	3 390.47	21 351	6 128
Murcia (10%)	39 573.84	75 313	34 473
Total	323 592	1 214 138	579 820

Fuente: Elaboración propia a partir de ICEX (2017).

4.2.1. Discusión

Las tres grandes áreas que se han seleccionado tienen capacidad para distribuir el 82,3% de las actuales exportaciones de Almería, el 8,4% de las de Murcia y el 15,6% de Granada.

4.3. Estudio C: Determinación de puntos finales de descarga óptima

Se entiende que el punto final de descarga óptima en cada una de las tres zonas seleccionadas (según Figura 10) debe estar en una posición estratégica con conexiones cortas hacia las distintas áreas de demanda. Con este criterio, se limita la búsqueda de operadores al sur y centro de Inglaterra para Reino Unido, al norte de Francia, Bélgica o Países Bajos en la fachada atlántica; y al noreste de Italia en la vertiente mediterránea.

Por otro lado, de los diferentes puertos que operan con buques Ro-Ro, los más importantes son Santander, Bilbao y Vigo en la fachada atlántica, y Barcelona y Valencia en la mediterránea.

Analizando las posibles rutas desde estos puertos hacia las zonas de descarga óptima establecidas, buscando las mayores frecuencias, los mejores precios entre navieras y las menores distancias terrestres, se seleccionan tres puertos de descarga (Tabla 12):

Tabla 12. Posibilidad de rutas Ro-Ro desde la vertiente atlántica y mediterránea.

		Puerto destino	Puerto origen	Naviera	Frecuencia	Distancia de Almería a puerto de origen ⁽¹⁾	Distancia hasta destino final ⁽²⁾	
Océano Atlántico	BÉLGICA	Amberes	Bilbao	Finnlines	Semanal	953	98.9	
		Zeebrugge	Vigo	Flota Suardiaz	Semanal	1209	208	
	REINO UNIDO	Portsmouth	Bilbao	Brittany Ferries	3xSemana	953	132	
			Santander	Brittany Ferries	3xSemana	969	132	
		Teesport	Santander	Flota Suardiaz	3xSemana	969	404	
	FRANCIA		Poole	Bilbao	Brittany Ferries	2xSemana	953	180
		Le Havre	Santander	Flota Suardiaz	3xSemana	969	527	
Saint Nazaire		Vigo	Flota Suardiaz	3xSemana	1209	858		
Mar Mediterráneo	ITALIA	Savona	Barcelona	Grimaldi	3xSemana	817	505	
			Valencia	Grimaldi	3xSemana	445	505	
		Génova	Barcelona	Grandi Navi Veloci	2xSemana	817	532	

(1) Km en carretera, evitando peajes.

(2) Tomando como referencia Londres (Inglaterra) para Reino Unido, Róterdam (Países Bajos) para Bélgica y Francia, y Berna (Suiza) para Italia.

- Hacia Reino Unido, Portsmouth (Inglaterra) vía Bilbao.
- En la fachada atlántica, Le Havre (Francia) vía Santander.
- En la fachada mediterránea, Savona (Italia) vía Valencia.




4.3.1. Discusión

Los principales puertos de descarga para redistribuir a las zonas seleccionadas son Portsmouth en Inglaterra, Le Havre en Francia y Savona en Italia.

4.4. Estudio D: Análisis de barreras económicas, físicas y ambientales en la implantación de la intermodalidad.

A raíz de lo anterior, se distinguen cinco rutas por el océano Atlántico (de las cuales una es directa hacia Reino Unido) y otras cinco por el mar Mediterráneo (Tabla 13).

Tabla 13. Rutas seleccionadas para su análisis desde la vertiente atlántica y mediterránea.

		Intermodal				Carretera	
							
Océano Atlántico	REINO UNIDO	Almería	Bilbao	Portsmouth	Londres	Almería	Londres
	ALEMANIA	Almería	Santander	Le Havre	Berlín	Almería	Berlín
	FRANCIA	Almería	Santander	Le Havre	París	Almería	París
	PAÍSES BAJOS	Almería	Santander	Le Havre	Ámsterdam	Almería	Ámsterdam
	BÉLGICA	Almería	Santander	Le Havre	Bruselas	Almería	Bruselas
Mar Mediterráneo	ALEMANIA	Almería	Valencia	Savona	Múnich	Almería	Múnich
	FRANCIA	Almería	Valencia	Savona	Marsella	Almería	Marsella
	ITALIA	Almería	Valencia	Savona	Roma	Almería	Roma
	AUSTRIA	Almería	Valencia	Savona	Viena	Almería	Viena
	SUIZA	Almería	Valencia	Savona	Berna	Almería	Berna

Los resultados para cada simulación se recogen en las páginas siguientes (Tabla 14, 15 y 16).

Tabla 14. Simulación: Europa Occidental vía océano Atlántico.

ALMERÍA - BERLÍN



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		4225	68.2	2643	5851
	I	1545	23.2	984	2179
Intermodal	II	1584	33.2	1006	252
	III	1863	26.5	1146	2538
	TOTAL	4992	82.9	3136	4969
Variación		18.15%	21.55%	18.65%	-15.07%

ALMERÍA - PARÍS



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		2913	44.6	1814	4015
	I	1545	23.2	984	2179
Intermodal	II	1584	33.2	1006	252
	III	323	2.3	197	436
	TOTAL	3452	58.7	2187	2867
Variación		18.50%	31.61%	20.56%	-28.59%

Tabla 14. Simulación: Europa Occidental vía océano Atlántico (continuación)

ALMERÍA - BRUSELAS



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		3441	48.9	2124	4702
	I	1545	23.2	984	2179
Intermodal	II	1584	33.2	1006	252
	III	664	5.4	404	894
	TOTAL	3793	61.8	2394	3325
Variación		10.23%	26.38%	12.71%	-29.29%

ALMERÍA - ÁMSTERDAM



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		3761	63.3	2327	5153
	I	1545	23.2	984	2179
Intermodal	II	1584	33.2	1006	252
	III	980	8.1	600	1328
	TOTAL	4109	64.5	2590	3759
Variación		9.25%	1.90%	11.30%	-27.05%

Tabla 15. Simulación: Reino Unido vía océano Atlántico

ALMERÍA - LONDRES



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		3698	50.5	2282	5053
	I	1479	22.7	942	2085
Intermodal	II	1060	30	1028	257
	III	197	1.3	120	265
	TOTAL	2736	54	2090	2607
	Variación	-26.01%	6.93%	-8.41%	-48.41%

Tabla 16. Simulación: Europa Occidental vía mar Mediterráneo

ALMERÍA - MÚNICH



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		3486	50.9	2159	4779
	I	688	5.8	438	970
Intermodal	II	1082	46	874	219
.....	III	1083	8.8	663	1467
	TOTAL	2853	60.6	1975	2656
Variación		-18.16%	19.06%	-8.52%	-44.42%

ALMERÍA - MARSELLA



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		2060	27.4	1283	2840
	I	688	5.8	438	970
Intermodal	II	1082	46	874	219
.....	III	579	3.9	351	777
	TOTAL	2349	55.7	1663	1966
Variación		14.03%	103.28%	29.62%	-30.77%

Tabla 16. Simulación: Europa Occidental vía mar Mediterráneo (continuación)

ALMERÍA - ROMA



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		3478	48.3	2143	4745
Intermodal	I	688	5.8	438	970
	II	1082	46	874	219
	III	916	6.6	553	1224
	TOTAL	2686	58.4	1865	2413
Variación		-22.77%	20.91%	-12.97%	-49.15%

ALMERÍA - VIENA



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		4118	65.3	2587	5728
Intermodal	I	688	5.8	438	970
	II	1082	46	874	219
	III	1646	24.3	1020	2258
	TOTAL	3416	76.1	2332	3447
Variación		14.03%	16.54%	-9.86%	-39.82%

Tabla 16. Simulación: Europa Occidental vía mar Mediterráneo (continuación)

ALMERÍA - BERNA



		Coste	Tiempo	Distancia	Emisión CO2
Carretera		2793	44.5	1719	3806
	I	688	5.8	438	970
Intermodal	II	1082	46	874	219
	III	770	6.1	464	1027
	TOTAL	2540	57.9	1776	2216
Variación		-9.06%	30.11%	3.32%	-41.78%

4.4.1. Discusión

Respecto a la vertiente atlántica, las rutas intermodales estudiadas hacia Europa Occidental tienen un coste un 9-18% más alto que utilizando sólo el transporte por carretera. El tiempo de tránsito se incrementa en un promedio de 10 horas.

Sin embargo, la ruta intermodal directa a Reino Unido es un 26% más barata y el tiempo de tránsito se incrementa sólo en 3.5 horas respecto a camión pero contaminando un 40% menos.

En el resto de líneas por el Atlántico, la opción intermodal reduce la emisión de CO₂ en torno a un 25%.

De las rutas estudiadas por la fachada atlántica, la ruta intermodal hacia Reino Unido es la única con opciones reales de implementación, puesto que es más barata y el incremento en las horas de tránsito no es significativo.

En relación con la vertiente mediterránea, la ruta intermodal estudiada hacia el sur de Francia no es rentable ni en costes ni en tiempos. Sin embargo, el resto de rutas son entre un 10-22% más baratas aunque con un incremento de tiempo promedio de 11 horas. En este caso, las emisiones de CO₂ se reducen entre un 40-50% con la opción intermodal (sin considerar Francia).

De las rutas estudiadas por esta fachada, la intermodal hacia Italia es la mejor por diferencia de costes y reducción de CO₂ pero aumenta el tránsito en 10 horas.

En todas las situaciones, hay que resaltar que la diferencia de costes se haría más pequeña introduciendo peajes y costes externos (derivados de accidentes, congestión...), que incrementarían el tránsito en camión en torno a un 5-10%, dependiendo de la ruta.

También, añadir un segundo conductor reduciría el tiempo de los tramos terrestres.

Por otro lado, el retorno del camión lleno de vuelta a Almería reduciría los costes de transporte y supone una opción más sostenible que el retorno vacío.

Finalmente, se debe resaltar que dentro de las Directrices Nacionales para la elaboración de los pliegos de condiciones referentes a las acciones medioambientales de las Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas⁵, la forma jurídica en la que se agrupan la mayoría de comercializadoras almerienses según la normativa comunitaria, se incluye un apartado (Acción 7.26) por el cual se pueden recibir ayudas por el total del

⁵ Año 2017. En red: https://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/regulacion-de-los-mercados/directricesmedioambientales2017_tcm30-380318.pdf

diferencial de costes entre el transporte por ferrocarril o marítimo generado en el año en cuestión y el coste de transporte en carretera generado en la media de los dos años anteriores.

5. CONCLUSIONES

PRIMERA: Existe una predisposición por parte de las comercializadoras almerienses al cambio modal, siempre que vaya acompañado de formación y se aseguren los tiempos y costes del transporte terrestre actual.

SEGUNDA: Las líneas intermodales son significativamente más sostenibles (entre un 15-50%) pero en líneas generales no igualan ni en tiempos ni en costes al tráfico terrestre.

TERCERA: El cambio modal pasa no sólo por subvencionar estas diferencias de coste, sino por apoyar e incentivar a las comercializadoras que apuesten hoy en día por una logística más sostenible. A largo plazo, mayores volúmenes supondrán mejores precios de las navieras, mayores frecuencias e incluso la disponibilidad de buques con mayores velocidades con los que reducir los tránsitos.

CUARTA: La ruta intermodal desde Almería a Reino Unido por los puertos de Bilbao y Portsmouth es la única con opciones de las estudiadas, con un ahorro de costes del 26% y diferencias de tiempo asumibles. El cambio modal del 100% del tráfico estimado a Reino Unido emitiría 43 millones de toneladas menos de CO₂ a la atmósfera que la opción actual.

6. BIBLIOGRAFÍA

- ADIF, Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (2014): "Corredor ferroviario de mercancías 6. Informe Anual 2014". Recuperado de: http://www.adif.es/es_ES/empresas_servicios/doc/C6_InformeAnual.pdf
- AENA, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (2018): "Estadísticas de tráfico aéreo". En red: <http://www.aena.es/es/corporativa/estadisticas-traffic-aereo.html>
- AVE, Asociación Valenciana de Empresarios (2018): "El estado actual del corredor mediterráneo". En red: https://elcorredormediterraneo.com/wp-content/uploads/2018/07/Dosier_chequeo1_18_8mb.pdf [Consultado: 30 de julio de 2018].
- Aznar Sánchez, J. A.; Galdeano Gómez, E.; Godoy Durán, A.; Tapia León, J. J. (2013): "Caracterización y desafíos del sector de la comercialización"; en J. A. Aznar Sánchez (coord.) *El sector de la comercialización hortícola en Almería* (pp. 17-46). Almería: Caja Rural Intermediterránea. Cajamar.
- Aznar-Sánchez, J. A. (2011): "El cluster agroindustrial de la horticultura intensiva de Almería: surgimiento, dinámica y perspectivas", en *Cuadernos de estudios agroalimentarios*, pp. 199-217.
- Boer, E. D., Essen, H. V., Brouwer, F., Pastori, E., y Moizo, A. (2011): *Potential of modal shift to rail transport - Study of the projected effects on GHG emissions and transport volumes*, Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER).
- Bozarth, C.; Warsing, D.; Flynn, B.; y Flynn, J. (2009): "The impact of supply chain complexity on manufacturing plant performance", en *Journal of Operations Management*, núm. 27, pp. 78-93.
- Brandenburger, A. y Nalebuff, B. (1996): *Co-opetition*, New York: Doubleday.
- Cajamar (2017): *Análisis de la campaña hortofrutícola de Almería. Campaña 2016-2017*. Almería: Fundación Cajamar.
- Cajamar (2018): "Evolución dispar de la renta agraria en las comunidades españolas entre 2011 y 2015". En red: <https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/agroanalisis/agronota11-2018-rentaagraria-1525254840.pdf> [Consultado: 21 de mayo de 2018].
- Cámara Oficial de Comercio (2017): "Base de datos de comercio exterior". En red: <http://aduanas.camaras.org/> [Consultado: 15 de marzo de 2018].

- Cao, M. y Zhang, Q. (2011) "Supply chain collaboration: impact on collaborative advantage and firm performance", en *Journal of Operations Management*, núm. 29, pp. 163-180.
- China Cáceres, C. L. (2015): *La política de la UE en materia de transporte ferroviario*. Universidad de La Laguna.
- Comisión Europea (2004). "Communication from the Commission on Short Sea Shipping", *COM*, núm. 453, Bruselas.
- Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural (2017a): "Cartografía de invernaderos en Almería, Granada y Málaga. Año 2017". En red: http://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Cartografia%20inv_AL_GR_MA_SEE.pdf [Consultado: 22 de mayo de 2018]
- Cronista (2017): "Crece la exportación transportada vía aérea", en *Cronista* (24 de mayo de 2017 - Versión electrónica).
- Croom, S.; Romano, P.; Giannakis, M. (2000): "Supply chain management: an analytical framework for critical literature review", en *European Journal of Purchasing & Supply Management*, núm. 6(1), pp. 67-83.
- Dablanc, L. (2009): "Regional policy issues for rail freight services", en *Transport Policy*, Vol. 16, Issue 4, pp. 163–172.
- Dapiran, G.; y Hogarth-Scott, S. (2003): "Are co-operation and trust being confused with power? An analysis of food retailing in Australia and the UK", en *International Journal of Retail and Distribution Management*, núm. 31(5), pp. 256–267.
- Daskin, M.S. (1995): *Network and Discrete Location Analysis*. John Wiley and Sons, New York.
- De Pablo, J.; Levy, J. y Pérez-Mesa, J.C. (2007). "Notes About the Production and Supply-Demand of Fruit and Vegetables in the Countries of the European Union", en *Journal of Food Products Marketing*, vol. 13, nº 3, pp. 95-111.
- Delgado, V. (2017): "Tesla Semi: así es el nuevo camión eléctrico de Tesla", en *Autofácil* (17 de noviembre - Versión electrónica).
- EAE (2015): "Transporte intermodal: presente y futuro", en *Retos en Operaciones y Logística*. En red: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/landing/transporte-intermodal-presente-y-futuros/> [Consultado: 20 de abril de 2018].

- Estrada, M.; Roca-Riu, M.; Badia, H.; Robusté, F.; Daganzo, CF. (2011): "Design y implementation of efficient transit networks: Procedure, case study y validity test", en *Transportation Research*, núm 45, pp. 935–950.
- EUROSTAT (2017): "Population data". En red: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/population-demography-migration-projections/population-data> [Consultado: 25 de julio de 2018].
- EUROSTAT (2018a): "Maritime transport statistics - short sea shipping of goods". En red: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Maritime_transport_statistics_-_short_sea_shipping_of_goods [Consultado: 26 de abril de 2018].
- EUROSTAT (2018b): "International trade". En red: <http://ec.europa.eu/eurostat> [Consultado: 15 de mayo de 2018].
- Fernández de Alarcón, R. (2012): "La comodalidad en la logística del transporte de mercancías", *Jornadas de la Fundación Francisco Corell*. En red: <https://www.inmodiario.com/178/14067/comodalidad-logistica-transporte-mercancias.html> [Consultado: 21 de abril de 2018].
- Flynn, B.; Huo, B.; Zhao, X. (2010): "The impact of supply chain integration on performance: a contingency and configuration approach", en *Journal of Operations Management*, núm. 28 (1), pp. 58-71.
- Fundación ICIL (2014): "La cadena de frío en el transporte de frutas, verduras y hortalizas". En red: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/127418-La-cadena-de-frio-en-el-transporte-de-frutas-verduras-y-hortalizas.html> [Consultado: 21 de abril de 2018].
- Galdeano-Gómez, E.; Aznar-Sánchez, J.A.; Pérez-Mesa, J.C. (2016): *Contribuciones económicas, sociales y medioambientales de la agricultura intensiva de Almería*. Almería: Cajamar Caja Rural.
- García Barranco, M. C.; Pérez Mesa, J. C.; Galdeando Gómez, E. (2016): "El transporte como factor limitante de crecimiento de las exportaciones de perecederos", en *Tribuna de Economía*, ICE, núm. 888, pp. 155-163.
- García-Barranco, M. C. y Pérez-Mesa, J. C. (2015): *Influencia de la distribución europea en la gestión logística del exportador. El caso de España, Alemania, Francia y Países del Este*. Monografías. Ciencias Económicas y Jurídicas. Núm. 45. Almería: Editorial Universidad de Almería y Cátedra de Logística de Andalucía.

- Gestión (2016): "Comercio aéreo del Perú: reina el espárrago pero el arándano arremete con fuerza", en *Gestión* (10 de junio de 2016 - Versión electrónica).
- Ghiani, G., Laporte, G. y Musmanno, R. (2004): *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*, John Wiley & Sons, Ltd., London.
- González, F.; Novo, I. (2007): "Las autopistas del mar en el contexto europeo". *Boletín ICE*, Núm. 2902: 33-47.
- Gosling, J.; Purvis, L.; Naim, M. (2010): "Supply chain flexibility as a determinant of supplier selection", en *International Journal of Production Economics*, núm. 128(1), pp. 11-21.
- Granada Hoy (2018): "La naviera FRS apuesta por Motril para el transporte de frutas y hortalizas", en *Granada Hoy* (09 de febrero de 2018 - Versión electrónica).
- Hakimi, S.L. (1964): "Optimum locations of switching centres and the absolute centres and medians of a graph", en *Operations Research*, núm. 12, pp. 450-459.
- Hanssen, T.; Mathisen, T.; Jorgensen, F. (2012): "Generalized transport costs in intermodal freight transport", en *Procedia - Social and Behavioral*.
- Hokey, M.; y Gengui, Z. (2002): "Supply chain modeling: past, present and future", en *Computers & Industrial Engineering*, núm. 43(1-2), pp. 231-249.
- Hummels, D. (2001): "Have International Transportation Costs Declined?", en *Journal of International Economics*, vol. 54, núm. 1, pp. 75-96.
- ICEX (2017): "Datos de exportación". En red: <https://www.icex.es/icex/es/index.html> [Consultado: 1 de junio de 2018]
- Jiménez, R. (2017): "Tesla Semi: el camión eléctrico y futurista", en *El País* (17 de noviembre - Versión electrónica).
- Jiménez-Guerrero, J.F.; Perez-Mesa, J.C.; Burgos-Jiménez, J. ;Piedra Muñoz, L. (2018): "Considering the consumer in the design of a supply chain of perishables", en *International Food and Agribusiness Management Association*, núm. 21(4), pp. 1-18.
- Johnsen, T.; Lamming, R.; y Harland, C. (2008): "Inter-organizational relationships, chains and networks", en S. Copper et al. (Eds.), *The Oxford Handbook of Interorganizational Relations*, pp. 61-89.
- MAPAMA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (2017a): "Avances de superficies y producciones de cultivos". En red:

<http://www.mapama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/avances-superficies-producciones-agricolas/> [Consultado: 20 de mayo de 2018].

MAPAMA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (2017b): "Estrategia Nacional de los Programas Operativos sostenibles a desarrollar por las Organizaciones de Productores de Frutas y Hortalizas". En red: http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/regulacion-de-los-mercados/estrategianacional2017_tcm30-380317.pdf [Consultado: 30 de mayo de 2018].

MAPAMA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente (2018): "Anuario de Estadística: avance 2017". En red: <http://www.mapama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2017-avance/avance/AvAE17.pdf> [Consultado el 30 de mayo de 2018].

Martínez, B. (2016): "Evolución del transporte de mercancías por carretera en España (2000-2015). Estudio empírico mediante técnicas de regresión". Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de León.

Ministerio de Fomento (2005): "El plan estratégico de infraestructuras y transporte 2005-2020". Recuperado de: <https://www.fomento.es/plan-estrategico-de-infraestructuras-y-transporte-peit>

Ministerio de Fomento (2008): *El transporte de carga aérea en España. Condiciones y perspectivas*. Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.

Ministerio de Fomento (2017): "Informe 2017", Observatorio de costes del transporte de mercancías por carretera. En red: <http://fomento.gob.es> [Consultado: 20 de julio de 2018].

Ministerio de Fomento (2018a): "Informe Anual 2017", Observatorio del transporte y la logística en España. En red: <http://observatoriotransporte.fomento.gob.es> [Consultado el 25 de julio de 2018].

Ministerio de Fomento (2018b): "El transporte internacional de mercancías en España", Observatorio del transporte y la logística en España. En red: <http://observatoriotransporte.fomento.gob.es> [Consultado el 30 de julio de 2018].

Mobility and Transport, European Comission (2018): "Motorways of the Sea". En red: https://ec.europa.eu/transport/modes/maritime/motorways_sea_en [Consultado: 27 de abril de 2018].

- Molina, J.; García, R. (1999): "El papel de la agricultura intensiva en la economía almeriense", en *Vida Rural*, núm. 15 de noviembre de 1999, pp. 27-30.
- Musso, E. y Marchese, U. (2002). "Economics of Short Sea Shipping", en Grammenos, C. (ed.) *The Handbook of Maritime Economics and Business*, Londres: Lloyds of London Press, pp. 280-304.
- Nogales, A.; Castro, E.; y Arévalo, A. (2007): “La reorganización de los canales de comercialización”, en *Mediterráneo económico*, nº 11, pp. 195-212.
- Paixao, A. C. y Marlow, P. B. (2007). "The Impact of the Trans-European Transport Networks on the Development of Short Sea Shipping", en *Maritime Economics and Logistics*, vol. 9, pp. 302–323.
- Palao, F. y Salinas, J. A.; (2007): *Potencialidad del transporte hortofrutícola por el Puerto de Almería*. Monografías. Ciencias Económicas y Jurídicas. Núm. 36. Almería: Editorial Universidad de Almería, 334 págs.
- Peña-Caballero, S. (2014): *Logística de la carga aérea: el caso de España*. Universidad de León.
- Pérez, J. C. y Galdeano, E. (2011): “Logistics network and externalities for short sea transport: An analysis of horticultural exports from southeast Spain”, en *Transport Policy*, vol. 24, pp. 188-198.
- Pérez, J.C. y Salinas, J. A. (2010): “Distribución óptima del transporte intermodal: aplicación a la exportación de perecederos”, en *Economía Agraria y Recursos Naturales*, vol. 10, pp. 93-119.
- Pérez-Mesa, J. C. (2009): "Multinacionales y difusión de tecnologías en cluster agroindustriales: el caso almeriense", en *Revista de Estudios Regionales*, núm. 86, pp. 155-180.
- Pérez-Mesa, J.C. (2017): “Respuesta del proveedor hortícola a la gestión de la cadena de suministro de la gran distribución”. *XI Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria*, 13-15 de Septiembre de 2017. Elche (España).
- Pérez-Mesa, J.C. y Galdeano-Gómez, E. (2015). “Collaborative firms managing perishable products in a complex supply network: an empirical analysis of performance”, en *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 20(2), pp. 128-138.
- Pérez-Mesa, J.C., García-Barranco, M.; Aballay, L. (2018): "La cadena de suministro y su influencia en el crecimiento de las empresas agroalimentarias", en C. Vargas-

Vasserot (Coor.): *Concentración e Integración de Empresas Agroalimentarias*. Universidad de Almería.

Portal Frutícola (2013): "Frutas y hortalizas de carga aérea para consumidores sofisticados", en *PortalFruticola.com* (17 de diciembre de 2018 - Versión electrónica).

Provan, K.; Fish, A., Sydow, J. (2007): “Interorganizational networks at the network level: a review of empirical literature on whole networks”, en *Journal of Management*, núm. 33(3), pp. 479–516.

Rey Menchaca, I. (2018): *Análisis del transporte marítimo de corta distancia y su oferta en el puerto de Bilbao*. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco.

Romero, V. (2018): "Chequeo al corredor mediterráneo: sin acabar hasta 2025 y lleno de cuellos de botella", en *El Confidencial* (04 de julio de 2018 - Versión electrónica).

Rong, J. B.; Akkerman, R., Grunow, M. (2011): "An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain", en *International Journal of Production Economics*, núm. 131(1), pp. 421-429.

Sakalys, A. y Palsaitis, R. (2006): “Development of Intermodal Transport in New European Union States”, en *Transport*, vol. 21, nº 2, pp. 148-153

Salinas, J. A. y Palao, F. (2002): *Posibilidades de desarrollo de tráfico hortofrutícola por los puertos de Almería y Motril*. Monografías. Ciencias Económicas y Jurídicas. Núm. 26. Almería: Editorial Universidad de Almería.

Serrano Martínez, J. M. (2000): "El ferrocarril de alta velocidad en España, evolución y perspectivas frente al tercer milenio", en *Nimbus*, núm. 5-6, pp. 125-154.

Serrano Martínez, J. M. (2006): "El Plan estratégico de infraestructuras y transportes (2005-2020), sus planteamientos frente a la mejora de la vertebración territorial española", en *Nimbus*, núm. 17-18, pp. 177-204.

Serrano, M^a; Pérez-Mesa, J.C.; Sánchez-Fernández, R. (2017): “Clasificación e impacto de las crisis del sector hortícola español”, en *Congreso de la Asociación Española de Economía Agraria*, Elche, 15-17 septiembre de 2017.

Shortsea Promotion Centre (2017): “Observatorio estadístico del transporte marítimo de corta distancia en España”. Primer semestre 2017. Recuperado de: http://www.shortsea.es/images/PDF/Observatorio/OBSERVATORIO_2010-2017.pdf

- Smith, D.; Sparks, L. (2004): “Temperature controlled supply chains”. En: Bourlakis, M.A., Weightman, P.W.H. (Eds.), *Food Supply Chain Management*. Oxford: Blackwell Publishing, pp. 179-198.
- Soria Cáceres, C. H. (2015): *Estrategias de comunicación y cambio del sistema ferroviario en España (1992-2012)*. Universidad de Valladolid.
- Svensson, G. (2001): “Extending trust and mutual trust in business relationships towards a synchronised trust chain in marketing channels”, en *Management Decision*, núm. 39(6), pp. 431–440.
- Tejero-Rioseñas, I. (2011): *Viabilidad de la exportación de productos hortofrutícolas a través de transporte aéreo: parte 1*. Facultad de Ciencias Empresariales. Universidad de Almería.
- Unión Europea (2001): "Libro blanco del transporte. La política europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad". En red: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2001_white_paper/lb_com_2001_0370_es.pdf [Consultado: 20 de julio de 2018].
- Unión Europea (2011): "Libro blanco del transporte. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte". En red: https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/strategies/doc/2011_white_paper/white-paper-illustrated-brochure_es.pdf [Consultado: 20 de julio de 2018].
- Unión Europea (2014): "Comprender las políticas de la Unión Europea: Transporte". Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo.
- Unión Europea (2016): "Mediterranean Corridor: Annual Report 2016". Recuperado de: http://adif.es/es_ES/empresas_servicios/doc/RFC6_Annual_Report_2016.pdf
- Usabiaga, J. J. (2009): El reequilibrio modal y el ecobono. En red: <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/12758> [Consultado: 27 de abril de 2018].
- Vidal, J. F. (2007): “Autopistas del mar y desarrollo portuario: desde la visión europea al enfoque de la comunidad portuaria”. Documento de trabajo Shortsea Promotion Center.
- Woroniuk, C., Marinov, M., Zunder, T., y Mortimer, P. (2013): "Time series analysis of rail freight services by the private sector in Europe", en *Transport Policy*, núm. 25, pp. 81-93.

Yu, M.; Nagurney, A. (2012): “Competitive food supply chain networks with application to fresh produce”, en *European Journal of Operational Research*, núm. 224(2), pp. 273-282.

Zunder, T. H., Islam, D. M. Z., Mortimer, P. N., y Aditjandra, P. T. (2013): “How far has open access enabled the growth of cross border pan European rail freight? A case study”, en *Research in Transportation Business & Management*.

ANEXO I: Encuestas

1. ¿Su empresa exporta hortícolas a la UE?

Sí
No Nota: Si la respuesta es no, fin de la encuesta.

2. Lejanía de los destinos

Tiempo medio de transporte de su mercancía horas

3. Porcentaje del transporte que asume:

Mi cliente Mi propia empresa

4. ¿Ha utilizado el transporte marítimo alguna vez?

Sí ¿En qué porcentaje cifra su uso de media en la campaña?
No

5. Si no utiliza el transporte marítimo, explique por qué:

Valoración del 1 al 5 donde 1 es el menos importante y 5 el más importante.

- Desconozco el sistema
- Tiene un coste que no puedo permitirme
- No me garantizan que el producto llegue a tiempo
- No me garantizan que el producto conserve su calidad
- No tiene la suficiente flexibilidad (frecuencia)

6. ¿Qué factores son importantes para su empresa para elegir un sistema de transporte?

Valoración del 1 al 5 donde 1 es el menos importante y 5 el más importante.

- El envío se hace en el menor tiempo de entrega posible.
- Los costes son los más bajos.
- Se mantiene la calidad de los productos enviados de acuerdo con los estándares de producción y la regulación del país de destino.
- Se utilizan los medios de transporte más respetuosos con el medio ambiente.
- Se utiliza un medio y servicio solicitado por el cliente

Si hay otro factor que no está en la lista, por favor, descríbelo:

7. ¿Estaría dispuesto a asociarse temporalmente con otras empresas para hacer envíos en conjunto utilizando nuevas opciones de transporte?

Sí
No

ANEXO II: Costes terrestres (€/km)

País	Vía	Intermodal		Carretera
		Tramo Terrestre I	Tramo Terrestre II	
Alemania	Atlántica	España	Francia - Bélgica - Alemania	España - Francia - Alemania
		1.570	1.625	1.599
	Mediterránea	España	Italia - Suiza - Alemania	España - Francia - Suiza - Alemania
		1.570	1.635	1.615
Francia	Atlántica	España	Francia	España - Francia
		1.570	1.642	1.606
	Mediterránea	España	Italia - Francia	España - Francia
		1.570	1.649	1.606
Reino Unido	Atlántica	España	Reino Unido	España - Francia - Reino Unido
		1.570	1.648	1.620
Países Bajos	Atlántica	España	Francia - Bélgica - Países Bajos	España - Francia - Bélgica - Países Bajos
		1.570	1.633	1.616
Italia	Mediterránea	España	Italia	España - Francia - Italia
		1.570	1.657	1.623
Bélgica	Atlántica	España	Francia - Bélgica	España - Francia - Bélgica
		1.570	1.645	1.620
Austria	Mediterránea	España	Italia - Austria	España - Francia - Alemania - Austria
		1.570	1.614	1.592
Suiza	Mediterránea	España	Italia - Suiza	España - Francia - Suiza
		1.570	1.660	1.625

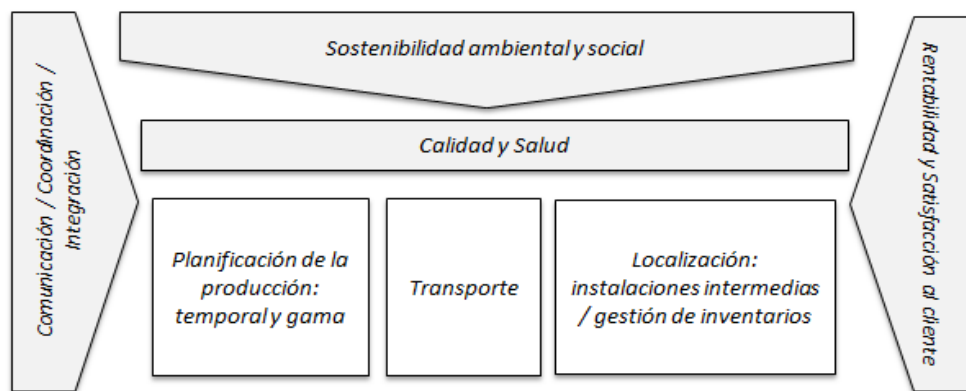
ANEXO III: Velocidades terrestres (km/h)

País	Vía	Intermodal		Carretera
		Tramo Terrestre I	Tramo Terrestre II	
Alemania	Atlántica	España 86	Francia - Bélgica - Alemania 82	España - Francia - Alemania 82
	Mediterránea	España 86	Italia - Suiza - Alemania 82	España - Francia - Suiza - Alemania 81
Francia	Atlántica	España 86	Francia 86	España - Francia 86
	Mediterránea	España 86	Italia - Francia 90	España - Francia 86
Reino Unido	Atlántica	España 86	Reino Unido 91	España - Francia - Reino Unido 87
Países Bajos	Atlántica	España 86	Francia - Bélgica - Países Bajos 82	España - Francia - Bélgica - Países Bajos 83
Italia	Mediterránea	España 86	Italia 95	España - Francia - Italia 89
Bélgica	Atlántica	España 86	Francia - Bélgica 86	España - Francia - Bélgica 86
Austria	Mediterránea	España 86	Italia - Austria 86	España - Francia - Alemania - Austria 81
Suiza	Mediterránea	España 86	Italia - Suiza 86	España - Francia - Suiza 82

ANEXO IV: Aproximación a la creación de un centro de redistribución en destino

A lo largo de este proyecto se ha centrado la atención en el transporte de perecederos. Sin embargo, dentro de la GCS juegan un papel fundamental otros factores, como la planificación de la producción tanto temporal como varietal o la política de instalaciones intermedias e inventarios; y de forma transversal, la sostenibilidad, el aseguramiento de la calidad-salubridad, y la coordinación-comunicación entre empresas, sin olvidar la rentabilidad de todos los procesos y la búsqueda de satisfacción del cliente (Figura 12).

Figura 12. Aspectos básicos de la GCS

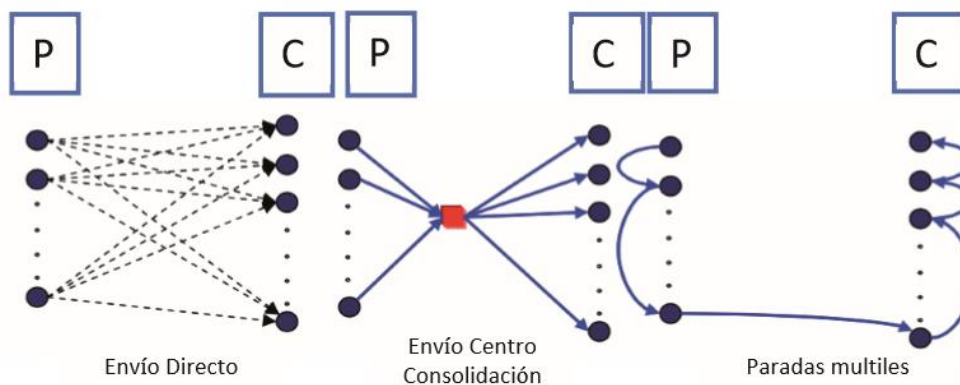


Fuente: Pérez-Mesa et al. (2018).

En este anexo, se incluye un estudio preliminar desde otra perspectiva, la localización de instalaciones intermedias, que forma parte de una futura tesis doctoral.

En este sentido, a la hora de abordar aspectos de localización, las mercancías pueden ser distribuidas utilizando diferentes estrategias, como enviar los productos de forma directa desde los proveedores hasta los clientes, pasar por una plataforma de consolidación/desconsolidación, o seguir la estrategia de paradas múltiples (Figura 13).

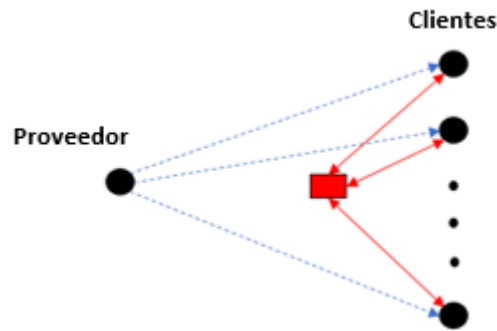
Figura 13. Principales estrategias de distribución de mercancía.



Dónde P=Proveedor y C=Cliente. Fuente: Estrada (2007).

Escogiendo la segunda opción, es decir, la creación de un centro de consolidación, se ha estudiado un supuesto optando por una estrategia de distribución estructurada en dos fases: primero el proveedor, único, envía la mercancía hacia los puntos de venta (demanda); y luego determinada mercancía es devuelta al proveedor por determinados motivos, para posteriormente ser reelaborada y servida de nuevo a los clientes (Figura 14). Por tanto, en el análisis realizado no se incluye como nodo el traslado desde origen (Almería) hacia sus clientes.

Figura 14. Estrategia de distribución analizada.



Este análisis puede ser enmarcado dentro de una estrategia de logística inversa y generar oportunidades de negocio extra. Los motivos para crear un centro de redistribución de este tipo para productos perecederos como frutas y hortalizas son varios:

- La recepción de producción defectuosa (por ejemplo, mal embalaje) para su reutilización, evitando que se deseché dada la imposibilidad de devolverla al origen. De hecho, se estima que un 10% de las exportaciones son devueltas por el cliente por defectos menores (Yu y Nagurney, 2012)
- Reducir el tiempo de respuesta al cliente, ya que parte de la producción reelaborada podría ser servida desde el centro de redistribución y no desde origen.
- Demostrar un comportamiento proactivo por parte de los proveedores, ya que en la actualidad la mayoría del transporte es organizado por el cliente.
- Mejorar la relación con el cliente ya existente, como elemento clave de diferenciación.
- Mejorar la capacidad de atraer clientes detallistas de menor tamaño que necesitan un servicio continuo pero un volumen pequeño que imposibilita el envío directo desde origen.

Sin embargo, el inconveniente fundamental es el coste de construcción y mantenimiento que puede no compensar las ventajas mencionadas.

En cuanto a la metodología, se pueden seguir diferentes métodos. En este anexo se presentan dos casos: el problema de las p-medianas y el de los p-centros.

Por un lado, el problema de las p-medianas consiste en localizar p instalaciones en una red, minimizando la suma de todos los costes o distancias desde un punto de demanda a la instalación más cercana, respetando su capacidad máxima. Este problema ha sido ampliamente tratado en la bibliografía desde las primeras publicaciones de Hakimi (1964). La formulación general de la función objetivo implica:

$$\text{Min } \sum_i \sum_j h_i d_{ij} Y_{ij}$$

Sujeto a:

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (1)$$

$$\sum_j X_j = p \quad (2)$$

$$X_i - X_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \quad (4)$$

$$Y_{ij} = 0, 1 \quad \forall i, j \quad (5)$$

Donde Y_{ij} es 1 si el cliente i es atendido por la instalación j , y 0 si no; X_j es 1 si la instalación se encuentra en el sitio de demanda j , y 0 si no; d_{ij} es la distancia desde la ubicación de la instalación i a la ubicación del cliente j ; y p es el número de instalaciones que se ubicarán. La función objetivo minimiza la distancia ponderada según la demanda entre cada nodo de demanda y la instalación más cercana. La primera restricción (1) asegura que cada nodo de demanda se asigne a una sola instalación. La segunda restricción (2) establece que el número de instalaciones consideradas sea igual a p . La siguiente (3) impide que la demanda se asigne a sitios que no tienen instalaciones. Las últimas dos restricciones aseguran que X_i e Y_{ij} tengan valores booleanos de 0 a 1.

Por otro lado, el objetivo del problema de los p-centros consiste en localizar un número determinado de instalaciones (p), buscando minimizar la distancia máxima a la que se encuentra un usuario de la instalación más próxima. El modelo de los p-centros es aplicado cuando es necesario asegurar la equidad entre los usuarios atendidos dentro de una gran área geográfica (Ghiani *et al.*, 2004).

Tanto los parámetros como las variables de decisión del modelo tienen la misma definición que en el modelo de p-medianas. Sin embargo, en el modelo de p-centros se agrega una variable de decisión más, llamada W , que será la distancia máxima entre la localización de la demanda y la localización de la instalación intermedia desde la que se abastece. La formulación es la siguiente:

$$\text{Min } W$$

Sujeto a:

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \quad (1)$$

$$\sum_j X_j = p \quad (2)$$

$$X_j - X_i \leq 0 \quad \forall i, j \quad (3)$$

$$W \geq \sum_j d_{ij} Y_{ij} \quad \forall i \quad (4)$$

$$X_j = 0, 1 \quad \forall j \quad (5)$$

$$Y_{ij} = 0, 1 \quad \forall i, j \quad (6)$$

Como novedad, se añade una restricción en el que W debe ser igual a la distancia máxima (4).

En nuestro caso, los nodos (o posibles instalaciones intermedias) son los países destino de las exportaciones de Almería. Por simplicidad, se utiliza la distancia euclídea en el modelo, calculada tomando la longitud y latitud de las capitales de los países importadores. El modelo fuerza a elegir una instalación (destino) entre los ya existentes en la actualidad.

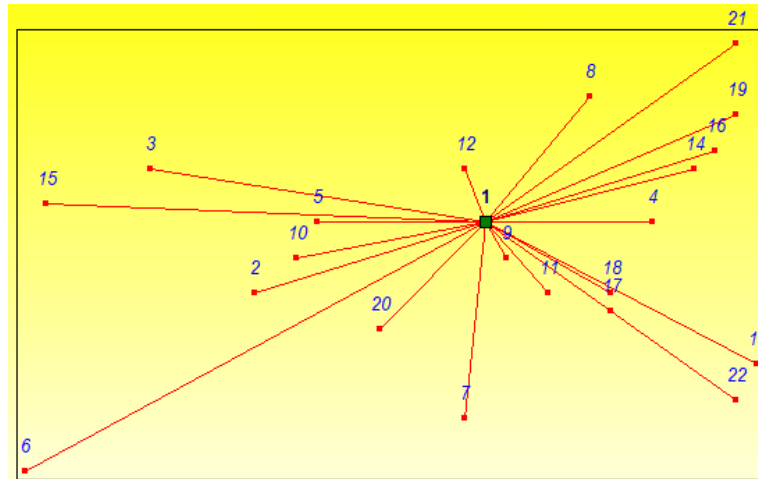
La codificación de los nodos utilizados es la siguiente (ordenados en función del volumen de importación):

Código	País	Código	País
1	Alemania	12	Dinamarca
2	Francia	13	Rumania
3	Reino unido	14	Lituania
4	Polonia	15	Irlanda
5	Países bajos	16	Letonia
6	Portugal	17	Hungría
7	Italia	18	Eslovaquia
8	Suecia	19	Estonia
9	R. Checa	20	Suiza
10	Bélgica	21	Finlandia
11	Austria	22	Otros

El problema de las p-medianas se ha resuelto utilizando un algoritmo de sustitución descrito por Daskin (1995). A partir de iteraciones, el algoritmo reemplaza los posibles candidatos en los que localizar la instalación hasta llegar a la que ofrece la mejor función objetivo. Para resolver el problema p-centros se utilizó un método de relajación lagrangeana, como aproximación a la solución óptima. En ambos casos, para los cálculos se empleó el Software SITATION (versión 5.8), creada por el profesor Daskin de la Northwestern University.

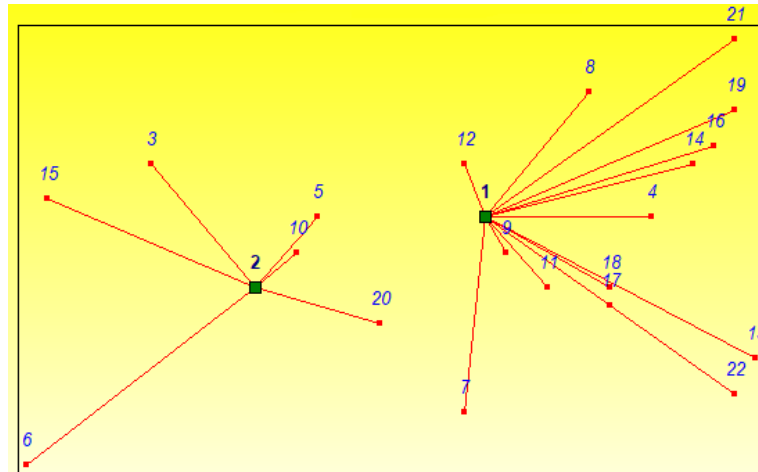
En cuanto a los resultados, si se considera en el modelo de las p-medianas que $p=1$, es decir, una única instalación intermedia, se observa que la instalación debe ubicarse en Alemania (Berlín) para poder minimizar la distancia (Figura X).

Figura 15. Resultados modelo p-medianas con $p=1$.



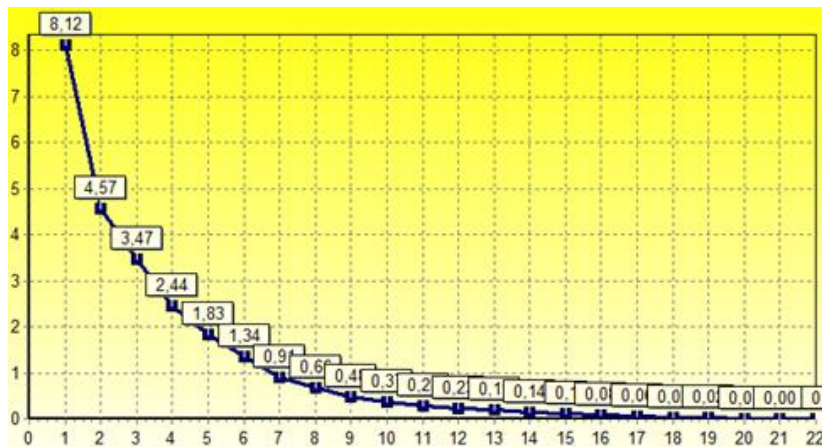
Si consideramos $p=2$, a Berlín se le añadiría otra ubicación óptima en Francia (París) para abastecer Reino Unido, Irlanda, Portugal, Países Bajos, Bélgica y Suiza (Figura 16).

Figura 16. Resultados modelo p-medianas con $p=2$.



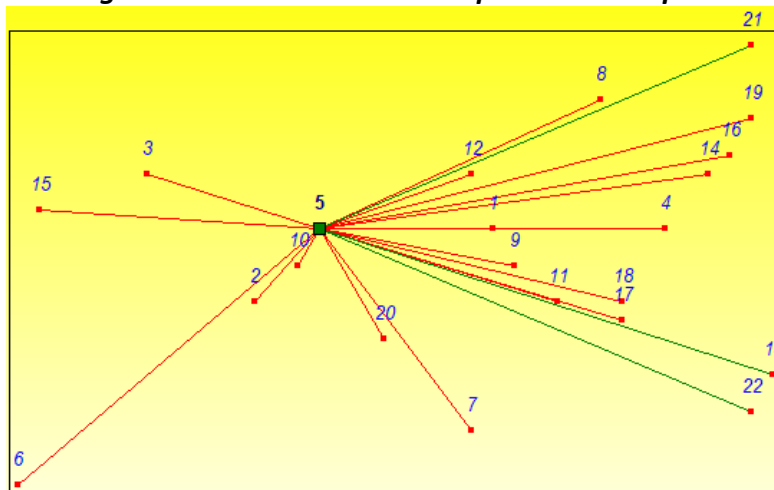
El software también nos demuestra que si aumentamos los centros de distribución, disminuye la distancia media hacia los destinos. Sin embargo, no se está ponderando el coste de construir y mantener estas instalaciones. En futuros estudios, sí deben tenerse en cuenta (Figura 17).

Figura 17. Reducción de la distancia media en función del nº de instalaciones (p)



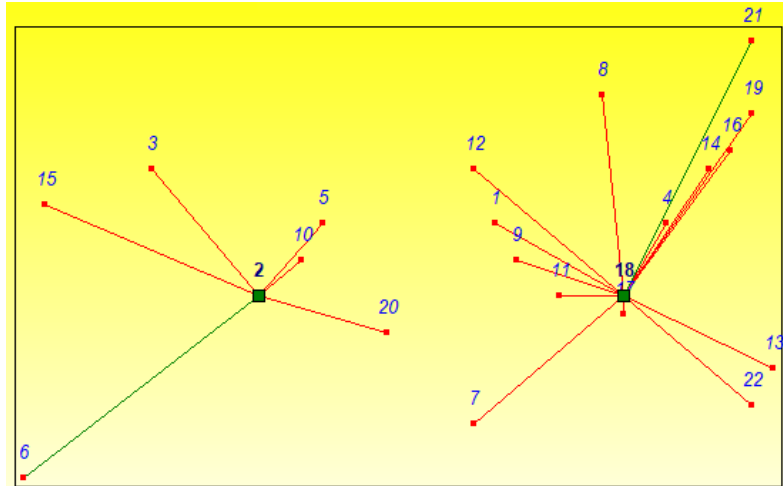
Por otro lado, considerando el modelo p-centros, el centro de redistribución debería estar en Países Bajos (Ámsterdam) considerando sólo una instalación (p=1, Figura 18).

Figura 18. Resultados modelo p-centros con p=1.



Considerando dos instalaciones, los centros deben estar en Francia (París) y Eslovaquia (Bratislava). Se observa que de esta manera las distancias se equilibran, lo que favorece el transporte de perecederos porque se recibirían en condiciones más homogéneas a cada cliente desde la instalación en el caso de re-distribución.

Figura 19. Resultados modelo p-centros con $p=2$.



Finalmente, señalar que si se considera la posibilidad de crear un solo centro de distribución ($p=1$) y teniendo en cuenta el movimiento de mercancía desde un solo origen-oferta (Almería) hacia la demanda, la solución óptima según el modelo p-medianas es el envío directo a cada uno de los destinos, es decir, el centro de distribución estaría en el propio origen. Sin embargo, según el modelo p-centros, es decir, minimizando la distancia máxima, el centro de distribución se localizaría en Países Bajos (Figura 20).

Esto significa que si se quieren hacer traslados medios de menor distancia (una cuestión favorable para los perecederos), la localización en esta zona es óptima. Esta estrategia podría ser adecuada para un gran cliente que quisiera tener un centro de redistribución propio.

Figura 20. Resultados modelo p-medianas (izquierda) y p-centros (derecha) incluyendo traslados desde origen (Almería).

