

## Design of an efficient model to increase shelf life of fruit and vegetable products and reduce food waste in the supply chain

## Diseño de un modelo eficiente para el aumento de la vida útil de productos hortofrutícolas y la reducción del desperdicio alimentario en la cadena de suministro

A. Cánovas<sup>1,2\*</sup>, E. Hontoria<sup>3</sup>, J.A. Egea<sup>4</sup>, E. Aguayo<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Postrecolección y Refrigeración, Departamento de Ingeniería Agronómica, ETSIA, Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

<sup>2</sup>Unidad de Calidad Alimentaria y Salud, Instituto de Biotecnología Vegetal, Edificio I+D+I, UPCT, Campus Muralla del Mar, 30202 Cartagena, Spain.

<sup>3</sup>Departamento de Economía de la Empresa, UPCT, Paseo Alfonso XIII, 48, 30203 Cartagena. Spain.

<sup>4</sup>Departamento de Mejora Vegetal, CEBAS-CSIC, Campus Univeristario de Espinardo, 30100 Murcia. Spain.

\*alcaher.95@gmail.com

### **Abstract**

**This research will study the variables of transport of fresh fruit and vegetable products. The main objective is the design of models to optimize transport and help in the decision-making process. The overall objective is to preserve quality and shelf-life of the transported products.**

**Keywords:** shelf-life; modelling; quality; road transport.

### **Resumen**

**Esta investigación estudiará las variables del transporte de productos hortofrutícolas frescos. El principal objetivo es el de diseñar modelos que permitan una optimización del transporte y una adecuada toma de decisiones, para en última instancia, mantener la calidad y la vida útil de los productos transportados.**

**Palabras clave:** vida útil; modelización; calidad; transporte por carretera.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El sector hortofrutícola nacional representa el 40 % de la producción agraria y el 30 % del consumo alimenticio total español. De esta producción, entre el 92 y el 95 % se exporta a la UE (13.000 millones de €), siendo Alemania, Francia y Reino Unido los principales destinos. Para ello, el transporte por carretera es el modo más utilizado. El transporte y distribución son operaciones unitarias de gran importancia e impacto en la calidad postcosecha y coste del producto fresco hortofrutícola (1).

Los productos hortícolas son organismos vivos y, como tales, son productos muy perecederos con una vida postcosecha relativamente corta, muy influenciada por factores intrínsecos (tipo producto, variedad, fertilización, etc.) y factores extrínsecos ( $T^a$ , HR, etileno,  $O_2$ ,  $CO_2$ , vibraciones, etc.) de cada una de las etapas que componen la cadena de suministro (2).

En este sector hortofrutícola, el binomio producción agrícola-transporte se caracteriza por una alta competitividad, márgenes estrechos y unas exigencias de los clientes en cuanto a calidad, trazabilidad y KPI's (*key performance indicators*) cada vez más elevadas. Además, aparecen nuevas variables como el interés de las compañías de presentar una imagen más "verde" en sintonía con las demandas sociales. Entre ellas, la huella de carbono o la reducción del desperdicio son conceptos que cada vez nos suenan más. En el contexto del transporte y distribución, donde definimos las variables tiempo de entrega, costes, calidad del producto, trazabilidad, así como las ambientales (emisiones y desperdicios) como las más importantes (1).

La pérdida de recursos naturales no es sostenible y pone en peligro el ecosistema. La producción de alimentos causa emisiones de gases de efecto invernadero en todas las etapas de la cadena de suministro de alimentos. Por otro lado, la producción de nuestro sector de frutas y hortalizas (F&H) alcanza los 27,8 millones de t, la importancia social de este sector en los últimos años se refleja por el aumento de las exportaciones (12.486 mil €) y la generación de empleo directo (280.000 trabajadores) (3).

Sin embargo, a pesar del gran impacto económico, social y ambiental que tiene este sector en nuestro país, apenas disponemos de estudios rigurosos que analicen la cadena de valor de F&H y mucho menos que se centren en el transporte y la logística. La mayor parte de la investigación se ha abordado de forma inconexa, sin una apreciación completa de las complejas interacciones e interdependencias entre la fisiología postcosecha de F&H, la logística y la gestión de la cadena de suministro de este sector.

Las herramientas tradicionales de la logística basadas en el mundo analógico, tipo *cross-docking* u otras, no resuelven los modernos problemas planteados en la Logística 4.0. Esto no significa que no aporten valor, sino que su optimización ha alcanzado tal límite que apenas aportan eficiencia adicional necesitándose nuevos modelos innovadores, disruptivos, con capacidad de instalarse en una cadena de suministro en plena transformación digital y que impacten en las anteriores variables clave (1).

Con el objetivo de dar respuesta a los retos actuales de la sociedad, en particular en el transporte y logística, la aplicación de modelos de optimización, el análisis del *big data* mediante *machine learning* y la aplicación de metodologías colaborativas para mejorar la trazabilidad y hacer más segura la cadena de suministro, se traducen en la reducción del lead total del primer eslabón a cliente final, con lo que impactamos en los objetivos clave: tiempo, costes y una mejor calidad del producto que se traducirán en una reducción del desperdicio y, por tanto, en una menor huella de carbono (4).

Esta tesis doctoral tiene como objetivo diseñar modelos que permitan una optimización del transporte y una adecuada toma de decisiones. Se trabajará con diversas F&H estudiando las condiciones de transporte y distribución en condiciones simuladas y reales. Este objetivo general se divide en los siguientes objetivos específicos:

- 1) Conocer los parámetros más importantes que afectan a la calidad postcosecha y vida útil de productos hortofrutícolas frescos durante su transporte y distribución.
- 2) Conocer las variables extrínsecas ( $T^a$ , HR, gases, vibraciones, etc.) que influyen en la vida útil de productos hortofrutícolas durante su transporte, llegando a una estimación dinámica de las mismas.
- 3) Calcular el coste e impacto ambiental del transporte y distribución de los productos hortofrutícolas frescos, teniendo en cuenta su redistribución o descarte cuando no cumplen con los parámetros de calidad.
- 4) Definir estrategias de optimización del transporte y distribución, en particular, cuando los productos presentan una mínima calidad hortofrutícola.

- 5) Modelización de las variables extrínsecas e intrínsecas que afectan a la calidad y transporte de los productos hortofrutícolas para apoyar la toma de decisiones en tiempo real.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr los objetivos propuestos se seguirá el siguiente plan.

### 2.1 Calidad postcosecha

Se determinarán los parámetros fisicoquímicos que más influyen en la calidad: Color (Colorímetro Minolta), firmeza (penetrometría con un texturómetro), sólidos solubles totales (refractómetro Atago), deshidratación (escala hedónica), calidad sensorial (panel de cata y escala hedónica), un parámetro funcional representativo de la fruta u hortaliza a analizar.

### 2.2 Evaluación de las variables extrínsecas en el transporte

En relación con las variables extrínsecas (temperatura, humedad relativa, gases, vibraciones, etc.) que influyen en la vida útil del producto durante su transporte, se analizará proveedores de equipos sensoriales susceptibles de captar, medir y enviar la señal a distancia y en tiempo real. Así mismo, se seleccionará un proveedor de transporte que permita la colocación de dichos sensores en transporte propio, facilitando su recogida en el cliente final.

### 2.3 Modelización

En relación con herramientas de modelización, se utilizarán técnicas de programación matemática e investigación operativa para optimizar rutas, itinerarios y encontrar condiciones óptimas de transporte en función del tipo de producto(s). Dada la naturaleza multifactorial de los procesos relacionados con la calidad en general, la ausencia de modelos mecánicos y la necesidad de disponer de información *on-line*, se hará uso de métodos de *machine learning* y minería de datos con una fase previa de entrenamiento en base a datos históricos ya recopilados.

## 3. RESULTADOS

Los resultados esperados de la tesis consisten en desarrollar un modelo de transporte que mantenga la calidad y alargue la vida útil de los productos hortícolas frescos transportados e implantar una herramienta que facilite la toma de decisiones en tiempo real en el transporte y distribución de productos hortícolas frescos.

## 4. CONCLUSIÓN

En esta tesis doctoral, se espera contribuir a la reducción del desperdicio alimentario mediante el conocimiento de la calidad postcosecha de los productos hortícolas frescos adaptándola al mercado destino. Además, la validación de un modelo que apoye la toma de decisiones en tiempo real, adquiriendo información de modelos predefinidos y de sensores a lo largo de toda la cadena de distribución, contribuirá a una optimización de la gestión de los factores que afectan a la calidad postcosecha.

## 5. AGRADECIMIENTOS

A las empresas que van a colaborar en el desarrollo de esta investigación.

## 6. REFERENCIAS

1. Hontoria E. En busca de la excelencia en la logística de perecederos. Elvigia.com. 2020 [cited 23 July 2020]. <http://elvigia.com/en-busca-de-la-excelencia-en-logistica-de-perecederos/>
2. Plà-Aragónés L. Handbook of Operations Research in Agriculture and the Agri-Food Industry. 1st ed. New York, NY: Springer; 2015.
3. Aguayo E. En busca de la eficiencia del sector hortofrutícola [Internet]. La Verdad. 2020 [cited 23 July 2020]. <https://www.laverdad.es/ababol/ciencia/busca-eficiencia-sector-20190608003642-ntvo.html>
4. Ahumada O, Villalobos J. Operational model for planning the harvest and distribution of perishable agricultural products. *International Journal of Production Economics*. 2011;133(7):677-87.
5. Abdella G, Kucukvar M, Onat N, Al-Yafay H, Bulak M. Sustainability assessment and modeling based on supervised machine learning techniques: The case for food consumption. *Journal of Cleaner Production*. 2020; 251:119661.
6. Brown W, Ryser E, Gorman L, Steinmaus S, Vorst K. Transit temperatures experienced by fresh-cut leafy greens during cross-country shipment. *Food Control*. 2016;61:146-55.
7. Kovačić D, Hontoria E, Ros-McDonnell L, Bogataj M. Location and lead-time perturbations in multi-level assembly systems of perishable goods in Spanish baby food logistics. *Central European Journal of Operations Research*. 2014;23(2):607-23.
8. Rong A, Akkerman R, Grunow M. An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain. *International Journal of Production Economics*. 2011;131(5):421-9.
9. Soto-Silva W, Nadal-Roig E, González-Araya M, Pla-Aragónés L. Operational research models applied to the fresh fruit supply chain. *European Journal of Operational Research*. 2016;251(7):345-55.