**EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL TRATAMIENTO POSCOSECHA DE LA CLEMENTINA- HUELLA DE CARBONO-**

Lucía Brovia, Neus Sanjuán1 y Gabriela Clemente.1

**RESUMEN**

El cambio climático se define como el aumento de la temperatura en la troposfera debido a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico. El sector de la producción de alimentos genera alrededor de un 29 % de estas emisiones. En este sentido se hace necesario cuantificar la contribución de cada producto alimentario a este impacto.

Este estudio calcula la huella de carbono (HC) de la etapa poscosecha de la producción de clementinas. La huella de carbono permite cuantificar la cantidad de GEI que emite un producto. Se ha seguido una perspectiva de ciclo de vida, teniendo en cuenta cada proceso. Para considerar las diferentes posibilidades que se dan en el tratamiento poscosecha y con el fin de evitar la incertidumbre de las elecciones de quien realiza el estudio se realiza también un análisis de escenarios.

De los resultados obtenidos hay que destacar la alta contribución a la HC de la poscosecha de: producción de fungicidas, producción del envase, refrigeracióndo en cámaras. Por otro lado, la contribución del transporte al mercado nacional (0,08 kg CO2-eq) duplica la de la etapa completa de la poscosecha (0,04 kg CO2-eq.), mientras que el transporte internacional (0,18 kg CO2-eq) la cuadruplica. Sin embargo, la etapa agrícola (0,32 kg CO2-eq) es la que contribuye en mayor medida a la HC de la clementina.

El uso de la huella de carbono puede servir para identificar aspectos de la producción que impactan en mayor medida y poder tomar decisiones respecto a la producción de alimentos.

PALABRAS CLAVE: Cambio climático, huella de carbono, gases de efecto invernadero, clementina, poscosecha, ciclo de vida.

**RESUM**

El canvi climàtic es defineix com l'augment de la temperatura en la troposfera a causa de l'emissió de gasos d'efecte hivernacle (GEI) d'origen antropogenic. El sector de la producció d'aliments genera al voltant d'un 29 % d'aquestes emissions. En aquest sentit es fa necessari quantificar la contribució de cada producte alimentari a aquest impacte.

Aquest estudi calcula la petjada de carboni (PC) de l'etapa poscollita de la producció de clementines. La petjada de carboni permet quantificar la quantitat de GEI que emet un producte. S'ha seguit una perspectiva de cicle de vida, tenint en compte cada procés. Per considerar les diferents possibilitats que es donen en el tractament poscollita i amb la finalitat d'evitar la incertesa de les eleccions de qui realitza l'estudi es realitza també una anàlisi d'escenaris.

Dels resultats obtinguts cal destacar l'alta contribució a la PC de la poscollitade: producció de fungicides, producció d'envàs, refrigeració en cambres. D'altra banda, la contribució del transport al mercat nacional (0,08 kg CO2-eq) duplica la de l'etapa completa de la poscollita (0,04 kg CO2-eq.), mentre que el transport internacional (0,18 kg CO2-eq) la quadruplica. No obstant això, l'etapa agrícola (0,32 kg CO2-eq) és la que contribueix en major mesura a la PC de la clementina.  
L'ús de la petjada de carboni pot servir per identificar aspectes de la producció que impacten en major mesura i poder prendre decisions respecte a la producció d'aliments.

PARAULES CLAU: Canvi climàtic, petjada de carboni, gasos d'efecte hivernacle, clementina, poscollita, cicle de vida.

**ABSTRACT**

Climate change can be defined as the increase in troposphere´s temperature because of the emission of anthropogenic greenhouse gases (GHG). Food production sector generates around 29% of these emissions. In this sense the contribution of each food product to this impact needs to be quantified.

This study calculates the carbon footprint (CF) of the postharvest stage of clementines production. The carbon footprint quantifies the amount of greenhouse gases emitted by a product. A life cycle perspective has been followed, taking into account each clementine's post-harvest process. To consider the different possibilities that exist in post-harvest treatment and in order to avoid the uncertainty of the choices of who performs the study, an analysis of scenarios is made too.

From the results, the high contribution to the CF of the postharvest process of the following stages must be highlighted: fungicides production , packaging manufacturing, cooling chambers. On the other hand, the contribution of the transportation to the domestic market (0.08 kg CO2-eq) doubles the one of the complete post-harvest stage (0.04 kg CO2-eq.), while international transport (0.18 kg CO2 eq) quadruples it. However, the agricultural stage (0.32 kg CO2-eq) is the largest contributor to clementine's CF.

The computation of carbon footprint can be used to identify the most impacting aspects of production and to take decisions regarding food production.

KEYWORDS: Climate change, carbon footprint, greenhouse gases, clementine , postharvest life cycle.

1. **INTRODUCCIÓN**

Según el último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014) es “extremadamente probable” que el aumento en la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero (GEI) haya sido la causa dominante del calentamiento observado en la Tierra desde la mitad del siglo XX. La concentración atmosférica de estos gases, entre otros, dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno, es actualmente, la mayor detectada desde hace 800000 años, según dicho informe.

El sector de los alimentos genera alrededor de un 29% del total de estos gases de efecto invernadero (European Comission, 2006,). Por lo tanto, una reducción de las emisiones de GEI, causadas por la producción y el consumo de alimentos, contribuiría en gran medida a la reducción del cambio climático. Hay que señalar que el citado estudio aplica una perspectiva de ciclo de vida, con ello se pretende realizar una forma de análisis que va más allá del enfoque tradicional centrado en el lugar y el proceso de producción, para incluir los impactos ambientales y económicos de un proceso o actividad a lo largo de todo su ciclo de vida completo (PNUMA SETAC, 2015). El ciclo de vida de un producto alimentario incluye no solo la etapa agraria y el posterior procesado en la industria, sino también etapas como la producción de los fertilizantes y su transporte al campo o la producción de electricidad u otras fuentes de energía empleadas en el transporte o la fabricación de los insumos.

Con el fin de realizar una producción de alimentos más sostenible ambientalmente y que contribuya a mitigar los efectos del cambio climático se requiere, en primer lugar, cuantificar la contribución de los productos al cambio climático, para poder después proponer medidas que permitan reducir dichas emisiones de GEI. La huella de carbono permite cuantificar las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de un producto. Este indicador permite que contribuyan a la mitigación del cambio climático dos grupos de partes interesadas: las empresas, responsables del diseño de los productos, y sus consumidores, que pueden elegir conscientemente productos con bajas emisiones de carbono ( WBCSD, 2008).

De acuerdo a un nuevo informe del Departamento de Agricultura de EE.UU. (USDA, 2015), la producción de cítricos españoles en el año comercial 2014/15 alcanzó 6.5 millones de toneladas métricas, cifra que representa el 62% de la producción de cítricos de la Unión Europea.

Dentro del sector de cítricos, la clementina, hibrido entre mandarina y naranja amarga, es muy apreciada por su sabor dulce y agrio al mismo tiempo y porque suele carecer de semillas. Las principales regiones españolas productoras de este fruto son la Comunidad Valenciana, Andalucía y Cataluña. Valencia cubre el 75% del total de la producción de clementina española, según las últimas estimaciones oficiales realizadas por el Ministerio de Agricultura, Medio Ambiente y Alimentación (MAGRAMA, 2014) Actualmente la industria continúa ampliando la gama de variedades para cubrir más espectro del calendario y ampliar su disponibilidad.

Teniendo en cuenta la elevada producción de cítricos, incluyendo clementinas, en la Comunidad Valenciana y la contribución de la producción de alimentos al cambio climático, reducir la huella de carbono de este producto supondría un avance en este sentido. Estudios realizados por Sanjuán et al (2005) y Sanjuán et al (2015) han calculado, entre otras categorías de impacto, el potencial de calentamiento global o huella de carbono de la producción agrícola de cítricos en la comunidad valenciana.

Una vez recolectados los frutos, estos deben recibir un tratamiento poscosecha, que los acondiciona antes de salir al mercado. En la bibliografía no se encuentran trabajos en los que se evalúe la huella de carbono de estos tratamientos, por lo que, teniendo en cuenta una perspectiva de ciclo de vida, sería muy interesante evaluarla.

1. **OBJETIVO**

El objetivo del presente trabajo es evaluar la HC del procesado poscosecha y distribución de las clementinas producidas en la Comunidad Valenciana.

1. **MATERIALES Y MÉTODOS**

En este trabajo se ha calculado la huella de carbono del tratamiento poscosecha de la clementina, siguiendo la metodología PAS 2050. A continuación se exponen los pasos seguidos para realizar el cálculo de la HC de acuerdo con dicha metodología.

**3.1. Unidad funcional y límites del sistema**

La unidad funcional considerada, es decir, la unidad de referencia en base a la que se expresarán los resultados del estudio, es 1 kg de clementinas.

Los límites del sistema determinan los procesos unitarios que se van a incluir en el estudio. Los límites vienen determinados por factores como la aplicación del estudio, las hipótesis realizadas, restricciones de datos y costes y el público al que se dirige. En la figura 1 se han representado las etapas del ciclo de vida de los cítricos incluidas en los límites del sistema. Los tratamientos poscosecha se detallan en la Figura 2.

RECOLECCIÓN CLEMENTINAS CAMPO

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE CLEMENTINAS

DIESEL

TRANSPORTE FINAL

DISTRIBUCIÓN

LAVADORA

DIESEL

PALETIZADO

REFRIGERACIÓN

CAJA CAMPO VACIA

CAJA CAMPO LLENA

TRATAMIENTO POSCOSECHA

ENVASADO

FUNGICIDAS, DETERGENTE Y CERA

MALLA POLIETILENO

PALETS MADERA

AGUA

TRANSPORTE DEL CAMPO A LA CENTRAL POSCOSECHA

**Figura 1:** Límites del sistema de estudio. El consumo de electricidad no se indica en el diagrama, pero entra dentro de los límites del sistema

Hay que tener en cuenta que además de las operaciones y procesos que se presentan en las figuras, se ha incluído en los límites del sistema la producción y el consumo de electricidad para todas las operaciones unitarias y el de diésel para el transporte.

* 1. **Descripción del sistema a estudiar**

El sistema estudiado comienza con el transporte de clementinas del campo a la central poscosecha. Este transporte debe efectuarse el mismo día de la recolección de los frutos.

La parte central del sistema es el tratamiento postcosecha que se lleva a cabo en la central hortofrutícola FRÍO MEDITERRANEO S.A., localizada en Museros (Valencia). Como se indicó en el apartado anterior, el diagrama de flujo del proceso se muestra en la figura 2.

La poscosecha comienza con la recepción de las clementinas en las cajas de campo, apiladas sobre palets. A continuación, se procede a su lavado mediante el sistema conocido como *drencher* que consiste en el lavado de los frutos con o sin tratamiento fungicida. De este modo nos aseguramos que los cítricos entren limpios a la línea. El *drencher* consume 0,13 L de agua/kg clementina. En el tratamiento con fungicidas, se añaden Fosetil-Al, imazalil sulfato y Tiabendazole.

Tras el *drencher*, si no hay demanda de fruta en ese momento, las clementinas se almacenan en cámaras de refrigeración. Las cámaras de refrigeración se utilizan para alargar el tiempo de almacenamiento de los frutos. Las clementinas son sensibles al frío, por ello su temperatura de almacenamiento no puede ser excesivamente baja. La temperatura de la cámara es de 4,5ºC. El tiempo de almacenamiento oscila entre 2 y 30 días, dependiendo producción y demanda.

La maduración interna y externa de los frutos cítricos se rigen por mecanismos diferentes. Por ello, puede ocurrir que algunos frutos alcancen el índice de madurez recomendado para su comercialización antes de cambiar de color. En estos casos, resulta rentable provocar la coloración del fruto, con el fin de anticipar su venta. A pesar de que las clementinas son frutos no climatéricos, si se les somete a concentraciones altas de etileno, se favorece la degradación de las clorofilas y la síntesis de carotenoides, haciendo que el fruto cambie de color (Agusti, 2000). Este tratamiento se conoce como desverdizado y se realiza en cámaras de atmósfera controlada, donde se libera etileno en una concentración conocida. Las clementinas que requieren este tratamiento son las variedades tempranas, recolectadas desde la segunda quincena de septiembre hasta el mismo periodo de noviembre (un 10 % del total de clementinas que entran a la central). La temperatura de la cámara es de 20-22ºC. El flujo de etileno es continuo (1,8-2,7 ppm).

RECEPCIÓN: DRENCHER, DESPALETIZADOR

LAVADORA CAJONES DE CAMPO

REFRIGERACIÓN I

CLEMENTINA PARA PIENSO

LAVADORA

PRESECADO

ENCERADO

SECADO

MESA SELECCIÓN 2

2ª TRÍA

CLEMENTINA PARA ZUMO

CALIBRADO Y ENVASADO

MESA SELECCIÓN 1

1ª TRÍA

DESVERDIZADO

**FIGURA 2.** Diagrama de flujo del proceso poscosecha estudiado.

El desverdizado se lleva a cabo después del *drencher*. Debe haber un lapso de tiempo de 24 horas entre el desverdizado y el tratamiento poscosecha. Durante este tiempo las clementinas se dejan a temperatura ambiente.

Tras el *drencher*, con o sin almacenamiento en cámaras de desverdizado o de refrigeración, se procede a volcar los frutos de las cajas de campo mediante el despaletizador y el volcador. Las clementinas van pasando por las cintas hasta llegar a la mesa de selección, donde los operarios eliminan de la línea todo aquello que no sea comercializable. Los destríos de esta primera selección se destinan para pienso animal.

Tras el primer destrío, la fruta que ha quedado en la línea, aproximadamente un 96 % de las clementinas iniciales, pasa a la lavadora dónde se consumen 20L/h de agua y se utiliza un detergente biodegradable.

Una vez lavadas las clementinas, en caso de que se enceren los frutos, al lavado le sigue un pre secado, para conseguir que la cera se adhiera correctamente. La cera aplicada (1mL/1kg clementinas), además de mejorar el aspecto externo, reduce el intercambio gaseoso del fruto con el entorno, retrasando su maduración. Se aplica una cera al agua, que contiene polietileno oxidado (E-914) y goma laca (E-904) al 10%p/v además de los fungicidas imazalil (0,2% p/v) y tiabendazole (0,5% p/v). Así, el fruto queda protegido contra infecciones de hongos causantes de pudrición. Para que se adhiera el recubrimiento céreo, se procede al secado.

La 2ª tría consiste en la mesa de selección, dónde los operarios descartan las clementinas no comercializables como producto fresco. Este destrío, se destina para zumo.

El calibrado es función del peso y el tamaño del fruto y precede al envasado. La caja de envasado para venta puede ser de diferentes materiales y capacidad. En este estudio consideramos una caja de madera de 15 kg de capacidad. . Tras el envasado, el producto destinado para la venta es almacenado en cámaras de refrigeración entre un periodo de 2 días y 3 meses. Este refrigerado es llamado también pre- enfriado debido a que sirve para que los frutos se mantengan a la temperatura adecuada durante su distribución.

Después de este periodo de almacenamiento, las clementinas son cargadas en camiones y distribuidas a los diferentes destinos.

Siguiendo la PAS 2050, los bienes de capital cómo la maquinaria y los edificios son excluidos de los límites del sistema ya que teniendo en cuenta el periodo de tiempo en el que estos bienes existen, las emisiones correspondientes a la unidad funcional se consideran despreciables.

**3.3. Recogida de datos**

Los datos recogidos del proceso poscosecha de la clementina han sido, en su mayoría, datos primarios, aportados por la central hortofrutícola FRÍO MEDITERRANEO S.A. Estos datos comprenden: consumo y tipo de químicos, potencia de las maquinas que intervienen en cada operación unitaria, tipo, capacidad, peso y vida útil de cajones de campo, palets y envases, capacidad y características de las cámaras de refrigeración, tipo de transporte, capacidad de transporte y distancia a recorrer.

3.3.1. CÁLCULO DE LOS CONSUMOS DE ENERGÍA

El consumo de energía de los aparatos eléctricos está relacionado con su potencia, la propiedad física que describe el motor. El consumo de energía de las maquinas de la línea es calculado teniendo en cuenta la siguiente ecuación (Bieler et al. 2004):

E= ɣPNt (1)

Dónde ɣ es la fracción de la potencia nominal consumida por el equipo; PN  es la potencia nominal del equipo (kW); y t es el tiempo de la operación (s). Para mediciones en plantas industriales, los valores empíricos para ɣ son 28% para agitadores y motores y 52% para bombas de vacío.

**TABLA 1.** Consumo de energía de las operaciones unitarias de la

poscosecha.

|  |  |
| --- | --- |
| **OPERACIONES UNITARIAS** | **CONSUMO DE ENERGÍA(MJ/kg)** |
| Drencher | 1,18E-03 |
| Despaletizador | 9,36E-04 |
| 1ª Tría (cinta destrío+ transportadores) | 3,14E-04 |
| Lavadora fruta | 7,26E-04 |
| Tunel presecado | 6,17E-04 |
| Enceradora | 3,76E-04 |
| Secado | 1,11E-03 |
| 2ª Tría ( cinta destrío+ transportadores) | 5,21E-04 |
| Calibrador + distribuidor fruta | 1,63E-03 |
| Llenadoras cajas a granel | 1,24E-03 |
| Llenadoras volumétricas | 2,52E-04 |
| Transportadores cajas llenas | 3,73E-04 |
| Transportadores alimentador cajas vacías | 9,24E-05 |
| Envasado | 1,95E-03 |
| Lavadora cajones plástico | 3,16E-03 |

El consumo de energía de las cámaras de refrigeración se obtiene calculando la carga calorífica de la cámara (Q total) y relacionándola con la energía usada por el compresor y los auxiliares mediante el COP (coefficient of performance) de la cámara (Sanjuán et al., 2014). Los resultados se muestran en la TABLA 2.

**TABLA 2.**Energía consumida por las diferentes cámaras de refrigeración

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CÁMARAS | VOLUMEN (m3) | ENERGÍA CONSUMIDA (MJ/kg·día) |
|
| Refrigeración | 1850 | 4,64E-03 |
| 850 | 3,74E-03 |
| 500 | 3,43E-03 |
| 250 | 3,13E-03 |
| Desverdizado | 850 | 2,27E-03 |
| 500 | 2,13E-03 |
| 250 | 1,97E-03 |

El consumo de diesel y las emisiones que produce el transporte en camiones, se obtuvo de la base de datos Ecoinvent 3.0. Consideramos dos tipos de camiones, aquellos que viajan distancias cortas (≤100 km.), con una capacidad de 12 t. y aquellos que viajan distancias mayores que abarcan hasta las 18 t. El consumo de energía y de diesel de la producción de productos químicos y de los envases también se obtuvieron de esa base de datos.

Para calcular la distancia de transporte de las clementinas, se considera que los campos de clementinas pertenecen a la zona de la Comunidad Valenciana, dado el alto porcentaje de este fruto que se cultiva en la zona. Para definir la distancia desde la central al mercado nacional, tomamos como referencia la distancia de Museros a Barcelona y Madrid. El transporte Internacional se calcula del mismo modo, tomando como referencia diferentes destinos de la UE. (TABLA 3).

**TABLA 3.** Distancias del transporte del campo a la central y de la central al mercado nacional e internacional.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Distancia(km) |
| TRANSPORTE I | Campo Museros --> Museros | 5 |
| Museros--> Alcudia Crespins | 70 |
| Museros--> Alicante | 151 |
| **Media** | **75** |
| **Desviacion** | **73** |
| TRANSPORTE II NACIONAL | Museros--> Barcelona | 378 |
| Museros-->Madrid | 348 |
| **Media** | **363** |
| **Desviación** | **21** |
| TRANSPORTE II INTERNACIONAL | Museros a Perpignan | 535 |
| Museros a Paris | 1367 |
| Museros a Alemania | 1611 |
| **Media** | **1171** |
| **Desviación** | **564** |

**3.4. Asignación de cargas**

Los métodos de asignación de cargas son utilizados para distribuir cargas medioambientales entre productos. En la poscosecha de la clementina, además de nuestro objeto de estudio: la clementina para consumo en fresco, se generan como co-productos de peor calidad: clementina para producción de pienso y clementina para producción de zumo. Estos co-productos están fuera del alance del estudio.

Según la norma PAS 2050, si los coproductos tienen similares características y/o funcionalidad (ej. diferentes variedades de naranjas, con diferentes precios pero vendidas como naranjas para consumo en fresco) la asignación debe basarse en la masa. En cambio, si los co-productos no tienen similares características y/o funcionalidad, como es el caso de las clementinas frescas, las destinadas a pienso y a zumo, la asignación de cargas debe basarse en el valor económico de los productos (asignación económica) y debe ser calculada sobre un periodo no menor de un año.

Los porcentajes de destrío de la poscosecha, varían según la partida. Los datos aportados por la central son de 0,5 a 9% de mermas en el primer destrío y en la segunda selección se observan destríos del 2-20%. Para calcular la asignación de cargas, tomaremos valores medios de estos datos.

El valor de los productos fluctúa a lo largo de los años, campañas, meses, semanas e incluso días. Este valor dependerá de las calidades, las cantidades y de los mercados. El valor económico de la clementina para consumo en fresco, se ha obtenido de datos del Boletín Agrario de la Comunidad Valenciana del periodo de 2009-2015: 0,91 € /kg. El precio de clementina para zumo (2º destrío) lo proporcionó la central hortofrutícola, 0,12 €/kg. Mientras que la clementina para pienso no tiene valor económico para la central. De este modo, a las cargas ambientales del procesado de la clementina para consumo en fresco se le asigna el 98.4% de las cargas totales, hasta el momento de la 2ª tría. Los resultados de la asignación se muestran en la TABLA 4.

TABLA 4. Asignación de cargas según valor económico

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Tria (%)** | **Valor económico (€/kg)** | **Asignación económica (%)** |
| **Clementina fresca** | 0,89 | 0,91 | **98,4** |
| **Clementina pienso** | 0,05 | 0 | **0,0** |
| **Clementina zumo** | 0,11 | 0,12 | **1,6** |

**3.5. Escenarios**

En este estudio se han diseñado 7 escenarios para considerar las diferentes posibilidades que se dan en el tratamiento poscosecha y con el fin de evitar la incertidumbre de las elecciones de quien realiza el estudio se realiza un análisis de escenarios. En la TABLA 5 se presentan los escenarios evaluados.

Todos los insumos de la producción no mencionados en este apartado tienen el mismo valor para todos los escenarios.

**TABLA 5.** Escenarios del ACV

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Escenarios** | **Variables** | | | |
| **TIEMPO DESVERDIZADO (días)** | **TIEMPO REFRIGERADO I (días)** | **TIEMPO REFRIGERADO II (días)** | **ENVASE** |
| **1** | **0** | **15** | **45** | **malla PE** |
| **2** | **2** | **15** | **45** | **malla PE** |
| **3** | **0** | **0** | **45** | **malla PE** |
| **4** | **1** | **1** | **1** | **malla PE** |
| **5** | **4** | **30** | **90** | **malla PE** |
| **6** | **2** | **15** | **45** | **caja madera** |
| **7** | **2** | **15** | **45** | **caja cartón** |

Los datos primarios y secundarios obtenidos se tratan con el software GaBi 6.0 (GaBi TS, Stuttgart, Alemania), diseñado para llevar a cabo análisis ambiental de ciclo de vida.

Todas las cámaras de los escenarios tienen un volumen de 500 m3.

1. **RESULTADOS**

La evaluación de impacto de ciclo de vida tiene como propósito evaluar los resultados del análisis del inventario de ciclo de vida de un sistema para comprender mejor su significado ambiental.

En este estudio la categoría de impacto que nos interesa es el calentamiento global que está causada por el aumento de la concentración atmosférica de gases de efecto invernadero. Los resultados se dan en producción de GEI, tomando como indicador kg CO2- eq.

**4.1. Huella de carbono de las operaciones poscosecha**

Teniendo en cuenta el escenario 2, que tiene tiempos medios de almacenamiento en cámaras y malla de PE como envase, si analizamos los resultados de cada operación observamos que el mayor potencial de calentamiento global lo tiene la *refrigeración II* (50,9%*),* es decir, la refrigeración de las clementinas tras su confección en la línea (Figura 3), Esto es debido al alto consumo energético de este proceso ya que se ha considerado un tiempo medio de conservación de 45 días.

**FIGURA 3**.Porcentaje de huella de carbono de las operaciones poscosecha.

Las siguiente operación que tiene mayor impacto potencial es la *producción de envases*. Esta operación corresponde a la producción de la bolsa de malla de polietileno de 4 g con una capacidad de 1 kg de clementinas, más la producción de palet de madera y la caja de campo HDPE dónde se transportan las mallas. El alto impacto de esta operación es debido a la producción de la bolsa de malla de PE, ya que los palets y la caja de campo tienen una vida útil larga que hace más baja su HC.

La siguiente operación en porcentaje de contribución a la HC de la poscosecha es La *cámara refrigeración I,* la refrigeración de las clementinas tras el drencher.

La etapa de *recepción* con la que se inician los tratamientos poscosecha (drencher, despaletizado y producción de fungicidas), también presenta unos valores altos de huella de carbono (12,4%). En la Figura 5 se muestran las contribuciones de cada paso que compone la etapa de recepción. Como puede observarse, la producción de fungicidas representa cerca del 90% del total de la huella de carbono para esta etapa.

**FIGURA 4.** Emisiones de gases invernadero expresadas en kg CO2 equivalentes, correspondientes a la etapa de recepción de la materia prima.

* 1. **Huella de carbono de los escenarios**

En la figura 5 se muestran los valores de huella de carbono de los distintos escenarios considerados. El escenario que produce menor cantidad de GEI es el 4, el cual de destaca por tener menor permanencia de la fruta en las cámaras de refrigeración.

**FIGURA 6** Huella de carbono de la poscosecha de los escenarios estudiados

Tal y como se ha visto en el apartado anterior, las cámaras de refrigeración son responsables en gran medida de la huella de carbono, por lo que si se disminuye el tiempo de refrigeración en cámara la reducción conseguida en la huella de carbono es significativa. Los tres escenarios que más impactan son el 7, debido a la producción del envase (caja de cartón de 15 kg de capacidad), el escenario 5, puesto que se emplean tiempos máximos de permanencia en las cámaras y el escenario 6 debido a la utilización de una caja de madera de 15 kg de capacidad para el envasado. La alta emisión de GEI en los escenarios 7 y 6 se debe a que para estos envases hemos supuesto una vida útil muy corta, de un solo uso. El escenario 2, es idéntico al 7 y 6, con la diferencia de tener como envase la bolsa de malla de polietileno de 1 kg de capacidad. Este envase tiene menor peso, 0,008 kg PE/kg clementinas en comparación con los envases de madera: 0,053 kg/UF y de cartón: 0,05 kg cartón/UF. Los escenarios 7,5 y 2 se comparan en la figura 7.

**FIGURA 7.** Comparación entre las operaciones de los escenarios 7, 6 y 2. Que se diferencian únicamente en operación de *producción de envases.*

* 1. **Comparación entre etapas del ciclo de vida**

El ciclo de vida de la producción de la clementina comprende diversas etapas: etapa agrícola, poscosecha, distribución y consumo. La huella de carbono de cada etapa se muestra en la figura 8. No hemos considerado la etapa de consumo.

Para poder comparar la huella de carbono de cada etapa hemos obtenido un valor del impacto de la poscosecha, calculando la media de la HC de cada escenario con una desviación típica de 0,026.

**FIGURA 8.** Comparación de la huella de carbono de las distintas etapas de la producción de clementina

Para obtener el valor del impacto de la etapa agrícola, nos hemos basado en un estudio anterior llevado a cabo en campos de clementinas de la Comunidad Valenciana (Sanjuán et al, 2015).

El impacto del transporte se ha calculado tal y como se explica en el apartado 3.3.1.

El valor obtenido de la HC de la clementina es de 0,045 kg CO2-eq cuando la distribución del producto es nacional y de 0,54 kg CO2-eq cuando se exporta a la UE.

1. **CONCLUSIONES**

Respecto a los diferentes escenarios considerados, aquellos en los que se considera un mayor tiempo de refrigeración en cámaras así como aquellos en los que los envases son cajas de cartón o madera de un solo uso, se observa mayor HC.

Los procesos de refrigeración, la producción de envases de un solo uso y, en menor medida, la producción de fungicidas para el lavado en *drencher*, consumen la mayor parte de la energía de la poscosecha. Es por ello que presentan la mayor contribución al cambio climático.

Como posibles soluciones, se podría disminuir el tiempo que están los frutos en las cámaras de refrigerado, fabricar envases con una vida útil más larga y/o y evitar el uso de fungicidas en el *drencher.*

En comparación con las otras etapas del ciclo de vida de la clementina (producción agrícola, transporte nacional y transporte internacional) la poscosecha es la que menos contribuye al cambio climático, siendo la etapa agrícola la que contribuye mayoritariamente a este impacto ambiental.

Por otro lado, el transporte internacional tiene una alta contribución a la HC de la clementina.

1. **AGRADECIMIENTOS**

Gracias a Neus por llevar a cabo ,con gran paciencia, el seguimiento y la revisión continúa.

Gracias a Clara por ayudarme con una de las partes más importantes y siempre tener una sonrisa.

Y por último Gracias a Gabriela por ser la parte organizadora y estar pendiente de mí hasta el día de la presentación del trabajo.

Las tres han hecho posible que me haya resultado todo más sencillo. Muchas Gracias.

1. **REFERENCIAS**

Agusti, M. Citricultura. Ediciones Mundi Empresa.2000. Madrid, 393-414.

Bieler, P.S.; Fischer, U.; Hungerbühler, K. Modeling de energy consumption of chemicals batch plants: Bottom-up approach*. Ind. Eng-Chem. Res*. 2004, 43 (24), 7785-7795.

Boletin Agrario Datos valor económico clementina. [on line] Dirección URL: <http://www.boletinagrario.com/ap-39,observatorio-precios,31.html>[ConsultadoSeptiembre 2015]

Centro de Comercio Internacional (ITC) Normas de la Huella de Carbono de Productos Agrícolas Ginebra: ITC, 2012. xi, 52 págs. (Documento técnico) No. Del Documento MAR-12-217.S

European Commission. Environmental impact of products (EIPRO), 2006. [on line]. Dirección URL: <http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_report.pdf> [Consultado: 13 de Agosto de 2105]

Intergovermental panel on climate change (IPCC) Climate Change 2014.Synthetis report. Headline statements from the Summary for Policymakers, [on line]. November 2014. Dirección URL: <http://www.ipcc.ch/>[ Consultado: Agosto de 2015]

Ministerio de Agricultura Medio Ambiente y Alimentación (Magrama). (MAGRAMA). <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidadvegetal/GUIACITRICOS_tcm7-348110.pdf> [Consultado Septiembre 2015]

PAS 2050-1:2012: Assessment of life cycle greenhouse gas from horticultural products The Brithis Standard Institution. Publicly Available Specification. 2012.

PNUMA SETAC. Life Cycle Initiative. http://www.lifecycleinitiative.org/es/

Röös, E.; Sundberg, C.; Hansson, P-A. Uncertainties in the carbon footprint of food products: acasa study on table potatoes.*Int J Life Cycle Assess* (2010) 15:478-488.

Sanjuán N., Stoessel F., Hellweg S. Closing Data Gaps for LCA of Food Products: Estimating the Energy Demand of Food Processing*. Environ.Sci. Technol*. 2014, 48, 1132-1140.

Sanjuán, N., Ubeda, L., Clemente, G., Mulet, A., & Girona, F.. LCA of integrated orange production in the Comunidad Valenciana (Spain). Int J Agric Res Gov Ecol 2005, 4(2), 163-177.

Sanjuán, N. Ramírez-Sanz, C., Estruch, V., Clemente, G., Ribal, J. Organic vs. conventional citrus. Impact assessment and variability analysis. Int J Life Cycle Assess 2015, en proceso de revision.

Sanjuán, N.; Stoessel, F.; Hellweg, S. Closing data gaps for LCA of food products: estimating the energy demand of food processing. *Environ Sci Tech* (2014) 48(2):1132-1140

Sonnemann, G.; Castells. F; Schuhmacher, M. Integrated Life- Cycle and risk assessment for industrial processes. *Lewis publishers*, 2014.

United States Department of Agriculture.Citrus (USDA): World Market and Trade.[on line]. Dirección URL: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/citruswm/citruswm-07-23-2015.pdf> *Foreign Agricultural Services, Julio 2015.[Consultado: Agosto 2015]*

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development and World Resources Institute) Septiembre 2008. *Estandar corporativo de Contabilidad y Reporte World*, México 2005.