



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Universitat Politècnica de València

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA EN LA INDUSTRIALIZACIÓN DE NARANJAS

Trabajo Fin de Grado en Ciencia y Tecnología de los
Alimentos

Paula Navarro Martínez

Tutora: Gabriela Clemente Polo

Curso académico 2018 – 2019

Valencia, 29 de julio de 2019

TÍTULO: Estimación de la huella hídrica en la industrialización de naranjas

RESUMEN:

El presente trabajo se basa en la evaluación de la huella hídrica en la industrialización de la naranja en la Comunidad Valenciana.

En primer lugar se lleva a cabo una descripción del sistema, esto implica definir sus límites, así como la recopilación de los datos necesarios como el inventario de los datos de entrada y salida y el inventario de agua. Una vez hecho el análisis se procede a evaluar el volumen total de agua dulce empleado, directa o indirectamente, a lo largo de todo el ciclo productivo del procesado de la naranja y a calcular la huella hídrica, que comporta a su vez tres componentes: agua azul, agua verde y agua gris.

Finalmente se realiza una comparación de los resultados obtenidos con datos bibliográficos de la Water Footprint Network.

Los resultados de consumo de agua manifiestan la importancia de la etapa de riego en primer lugar, y del lavado inicial de las naranjas en la fabricación de zumo. Esto se confirma con el cálculo de la huella de agua en las distintas etapas donde la más elevada es la huella de la fase de cultivo, seguida de la del tratamiento postcosecha y de la fase de fabricación de zumo. Por último cabe destacar que la huella hídrica total para cultivo ecológico y convencional es similar.

PALABRAS CLAVE: Huella hídrica, naranja, análisis ciclo de vida, agua azul, agua verde, agua gris.

Autora del TFG: Dña. Paula Navarro Martínez

Tutora Académica: Prof. Dña. Gabriela Clemente Polo

Valencia, Julio 2019

TÍTOL: Estimació de l'empremta hídrica en la industrialització de taronges

RESUM:

El present treball es basa en l'avaluació de l'empremta hídrica en la industrialització de la taronja, a la Comunitat Valenciana.

En primer lloc es du a terme una descripció del sistema, açò implica definir els seus límits, així com la recopilació de les dades necessàries com l'inventari dels dades d'entrada i eixida i l'inventari d'aigua. Una vegada fet l'anàlisi es procedix a avaluar el volum total d'aigua dolça empleat, directament o indirectament, al llarg de tot el cicle productiu del processat de la taronja i a calcular l'empremta hídrica, que comporta al seu torn tres components: aigua blava, aigua verda i aigua grisa.

Finalment es realitza una comparació dels resultats obtinguts amb dades bibliogràfiques de la Vàter Footprint Network.

Els resultats de consum d'aigua manifesten la importància de les etapes de reg, en primer lloc, i de llavat inicial de les taronges en la fabricació de suc. Açò es confirma amb el càlcul de l'empremta d'aigua en les distintes etapes on la més elevada és l'empremta de la fase de cultiu, seguida de la del tractament postcosecha i de la fase de fabricació de suc. Finalment cal destacar que l'empremta hídrica total per a cultiu ecològic i convencional és semblant.

PARAULES CLAU: Empremta hídrica, taronja, anàlisi cicle de vida, aigua blava, aigua verda, aigua grisa

Autora del TFG: Dña. Paula Navarro Martínez

Tutora Académica: Prof. Dña. Gabriela Clemente Polo

València, Juliol 2019

TITLE: Water Footprint estimation in orange industrialization

ABSTRACT:

This final work is based in the water footprint evaluation for orange industrialization in Comunidad Valenciana.

First of all, a system description is carried out; this implies its limits definition and the compilation of the necessary data, as the input and output data inventory and water inventory. Once the analysis is made, an evaluation of the sweet water total volume employed is performed, directly or indirectly, during the full orange productive process and the calculation of the water footprint, that is formed by three components: blue water, green water and grey water.

Finally a comparison between the obtained results and the Water Footprint Network bibliography data is made.

The consumed water data results show the importance of the irrigation stage in the first place and the orange initial washing in juice manufacturing. This is confirmed with the water footprint calculation in the different stages where the higher is the crop stage water footprint, followed by the post harvest treatment and the juice manufacturing stage. Finally, it is important to highlight that the total water footprint for ecological and convencional crop is similar.

KEYWORDS: Water footprint, orange, life cycle analysis, blue water, Green water, gray water.

TFG Author: Dña. Paula Navarro Martínez

Academic tutor: Prof. Dña. Gabriela Clemente Polo

July, 2019 Valencia

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 La naranja y el zumo de naranja	1
1.2 La huella hídrica	3
1.3 Consumo de agua en la industrialización de la naranja	4
1.3.1 Limpieza de los equipos e instalaciones	6
1.5 Objetivo y plan de trabajo	7
2. METODOLOGÍA	7
2.1 Definición de la unidad funcional y de los límites del sistema	7
2.2 Descripción del sistema	8
2.2.1 Subsistema de agricultura.....	8
2.2.2 Subsistema postcosecha	9
2.2.3 Procesado de zumo de naranja	10
2.3 Evaluación de la huella hídrica.....	12
2.3.1 Evaluación del consumo de agua azul	12
2.3.2 Evaluación del consumo de agua verde.....	13
2.3.3 Evaluación del consumo de agua gris	14
2.3.4 Huella hídrica total	14
3. RESULTADOS.....	15
3.1 Balance de materia.....	15
3.2 Estimación de la demanda de agua de procesado	17
3.3 Agua azul, agua verde y agua gris	19
3.3.1 Agua azul.....	19
3.3.2 Agua verde	22
3.3.3 Agua gris.....	25
3.3.4 Huella hídrica total	25
4. CONCLUSIONES.....	28
5. BIBLIOGRAFÍA	30
6. ANEXOS	33

Índice de figuras

Figura 1. Límites del sistema	7
Figura 2. Límites del sistema y subsistemas considerados en el estudio.....	8
Figura 3. Drencher de cadenas (DECCO, 2019).....	9
Figura 4. Lavadora de cajas (DINOX, 2019)	10
Figura 5. Extractor de zumo Multifruit (ZUMEX, 2019)	11
Figura 6. Pasteurizador Flash ZF1000 (ZUMEX, 2019).....	11
Figura 7. Sistema de limpieza CIP (Clean in place) (ZUMEX, 2019)	12

Índice de tablas

Tabla 1. Estimación de la producción cítrica nacional de la campaña 2017/2018 (CAMACCDR, 2018)	1
Tabla 2. Rendimiento en zumo (g zumo en 100 gramos de fruta) para las variedades de Marisol y Satsuma ecológicas y convencionales (Raigón et al., 2019).	15
Tabla 3. Naranjas necesarias (kg) para elaborar 1L de zumo. Diferencia entre naranjas ecológicas y convencionales.....	16
Tabla 4. Datos recogidos de las especificaciones técnicas sobre el consumo de agua de los equipos utilizados para la etapa postcosecha de la naranja	17
Tabla 5. Datos recogidos de las especificaciones técnicas sobre el consumo de agua de los equipos utilizados para la etapa de fabricación de zumo	18
Tabla 6. Consumo de agua (m ³ agua/m ³ zumo) en las etapas de postcosecha y fabricación del zumo de naranja	19
Tabla 7. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de cultivo de la naranja	20
Tabla 8. Comparación Agua azul del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos	20
Tabla 9. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de postcosecha	21
Tabla 10. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de fabricación de zumo de naranja	22
Tabla 11. Consumo de Agua Verde en el subsistema de cultivo de la naranja	23
Tabla 12. Impacto derivado del consumo de Agua Verde en el subsistema de cultivo de la naranja	24
Tabla 13. Comparación Agua Verde del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos	24
Tabla 14. Comparación Agua Gris del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos	25
Tabla 15. Huella hídrica en el subsistema de cultivo de la naranja	26
Tabla 16. Huella hídrica en el subsistema de cultivo de la naranja para naranjas destinadas a zumo	26
Tabla 17. Huella hídrica en el subsistema de postcosecha de las naranjas de consumo en fresco y las naranjas para forraje	27
Tabla 18. Huella hídrica del subsistema de postcosecha y fabricación de zumo para naranjas destinadas a zumo	27
Tabla 19. Comparación Huella hídrica del procesado de zumo de naranja con datos bibliográficos	28

1. INTRODUCCIÓN

1.1 La naranja y el zumo de naranja

España es el país productor principal de cítricos de Europa y quinto en el mundo con una producción anual superior a 5 millones de toneladas durante la última década (IVIA, 2019). En 2012 la superficie productiva fue de 311.542 hectáreas y 5.567.672 toneladas de naranjas producidas, de las que el 47% fueron exportadas.

Por otro lado la Comunidad Valenciana es la principal región citrícola a nivel nacional, tanto por la superficie dedicada a este cultivo (aproximadamente 182.000 ha, cerca del 60% del total nacional) como por su producción (más de 3 millones de toneladas anuales, casi un 60% de la producción nacional) (IVIA, 2019). En 2012 la superficie productiva fue de 143.714 ha y la producción de 2.806.546 toneladas de naranjas (MAAM 2014a). En 2015, el área dedicada al cultivo de cítricos en la región aumentó, siendo de 162.888 ha, con una producción de 3,12 millones de toneladas (CAMACCDR 2017a). La mayor parte de esta producción se exportó a otros países, principalmente de la unión europea (93,5% de la producción total de ese año) (CAMACCDR 2017a).

Según la Consejería de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural (CAMACCDR, 2018), el balance final de cosecha citrícola de la campaña 2017/2018 sitúa la producción de la Comunidad Valenciana en 3.168.382 toneladas, un 0,78% superior al primer aforo que se presentó hace un año (3.143.984 t). La estimación realizada de la producción citrícola nacional de la campaña 2017/2018 con el detalle por Comunidades Autónomas se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Estimación de la producción citrícola nacional de la campaña 2017/2018 (CAMACCDR, 2018)

(t)	ESPAÑA	C. VALENCIANA	ANDALUCÍA	MURCIA	CATALUÑA	I. BALEARES	OTROS
Naranjas	3.356.662	1.541.661	1.621.741	137.790	28.994	10.425	16.128
Mandarinas	1.966.448	1.357.808	396.464	123.800	86.478	1.099	799
Limonos	923.414	247.041	108.208	555.760	138	1.846	10.421
Pomelos	78.737	21.922	27.879	28.762	0	63	111
Otros	4.324	0	3.794	530	0	0	0
Total cítricos: Estimación (t)	6.329.587	3.168.382	2.158.059	846.642	115.610	13.433	27.459
% CCAA vs España		50,1	34,1	13,4	1,8	0,2	0,4

En la tabla 1 se observa que, durante la campaña 2017/2018, la Comunidad Valenciana continuó siendo la primera productora nacional al representar sus cítricos el 50,1% del conjunto estatal, seguida de Andalucía (34,1%) y la región de Murcia (13,4%).

La citricultura española, y en particular la valenciana, tiene una fuerte vocación exportadora, fundamentalmente de productos destinados al consumo en fresco y con unos elevados estándares de calidad. De acuerdo a la FAO (2015) España es el principal exportador de cítricos en el mundo, destinando más de la mitad de su producción a la exportación.

La producción de cítricos en la Comunidad Valenciana consiste principalmente en naranjas y mandarinas para consumo en fresco (50% y 45% de la producción total de cítricos, respectivamente) y en menor medida limones y pomelos (menos del 3%) (Tabla 1). Actualmente se cultivan en torno a 35 variedades con cierta importancia comercial, de las cuales destacan las naranjas Navelina, Navelate y Valencia Navel y la mandarina Clemenules.

La naranja es una especie subtropical que en la Comunidad Valenciana se encuentra en régimen de regadío, ya que requiere importantes precipitaciones y cuando no son cubiertas hay que recurrir al riego. Necesitan un medio ambiente húmedo tanto en el suelo como en la atmósfera. Hay que tener en cuenta, que el cultivo de la naranja consume gran cantidad de recursos (agua, tierra, energía y productos químicos), a la vez que implica ciertas emisiones, igual que su procesado; esto genera impactos ambientales diversos. El presente trabajo pretende evaluar los impactos asociados al uso del agua en la comercialización de la naranja en la Comunidad Valenciana, para ello se calculan diferentes indicadores de impacto para el consumo de agua azul, agua verde y agua gris. Las estimaciones se centran en la campaña de 2012-2013.

Debido a sus buenas propiedades nutricionales la naranja tiene multitud de usos, tanto para consumo en fresco (fruta de mesa, zumos caseros, aliños o condimento), como para la industria (zumo, mermeladas y jaleas, gajos en almíbar, perfumería y cosmética, ácido cítrico, helados, etc.).

Su zumo tiene un alto contenido en flavonoides, como la naringina (aporta el sabor amargo) y en azúcares, como la sacarosa, glucosa y fructosa. También contiene grandes cantidades de ácido ascórbico (vitamina C), que contribuye al buen estado de huesos, dientes y vasos sanguíneos; es importante en la formación de colágeno, proteína que ayuda a mantener las estructuras corporales; interviene en la absorción del hierro y, refuerza los mecanismos de autodefensa corporales.

Por otro lado contiene pequeñas cantidades de vitaminas del grupo B (Vitamina B6, tiamina, riboflavina, etc.), ácido fólico (ayuda a la síntesis de glóbulos rojos y contribuye a mantener las funciones del tracto gastrointestinal), inositol y vitamina A (esencial para el crecimiento normal y estado sano de la piel, ojos, dientes, encías y pelo). La pulpa contiene peptinas (buen comportamiento del organismo). A parte de sus propiedades nutricionales, el procesado de zumo de naranja es importante porque ayuda a aprovechar las naranjas defectuosas, que en otro caso, serían retiradas. Estas naranjas presentan tan solo defectos en su apariencia, pero no pueden venderse para consumo en fresco.

La Comisión Europea estima que cada año se desaprovechan en el mundo, más de 1.300 millones de toneladas de alimentos, es decir, 1/3 de la producción mundial, de los que 89 millones de toneladas de comida en buen estado corresponden a la Unión Europea. Entre un 30% y un 50% de los alimentos sanos y comestibles a lo largo de todos los eslabones de la

cadena agroalimentaria hasta llegar al consumidor que podrían ser aprovechables se convierten en residuos. España es el séptimo país que más comida desperdicia (7,7 millones de t), tras reino Unido (14,4 millones de toneladas) Alemania (10,3 millones de toneladas), Holanda (9,4 millones de toneladas) Francia (9 millones de toneladas) Polonia (8,9 millones de toneladas) e Italia (8,8 millones de toneladas) (MAPA, 2019). Por tanto, el zumo de naranja es una manera de dar salida a naranjas que se considerarían defectuosas y por tanto serían retiradas de la cadena de producción.

1.2 La huella hídrica

El agua es un recurso natural esencial, que se ha convertido en un aspecto muy importante en el desarrollo sostenible. Este interés es debido al incremento de la demanda de agua, al aumento de su escasez y al crecimiento de la degradación de su calidad. Por tanto se requiere un mayor conocimiento de los impactos relacionados con el uso del agua. Esto conlleva al uso de técnicas o herramientas apropiadas que puedan utilizarse internacionalmente. Una de estas herramientas es la evaluación de la huella hídrica.

La norma internacional ISO 14046: 2014 pretende proporcionar transparencia, coherencia, reproducibilidad y credibilidad para la evaluación de las huellas hídricas a nivel internacional. Según esta norma la huella hídrica es una Norma Internacional mundial (las huellas de diferentes etapas pueden sumarse) que se basa en el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El ACV, de acuerdo con la Norma ISO 14044: 2006, identifica los impactos ambientales de un producto, proceso o actividad a lo largo del ciclo de vida completo (de la cuna a la tumba). Trata los aspectos e impactos ambientales potenciales (por ejemplo la utilización de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones y vertidos) desde la adquisición de la materia prima, pasando por la producción, utilización, tratamiento final, reciclado, hasta su disposición final. El alcance de un ACV, incluyendo los límites del sistema y el nivel de detalle, depende del tema y del uso previsto del estudio. En relación con el uso del agua, se incluyen dimensiones geográficas y temporales y se identifica la cantidad de consumo de agua y los cambios en la calidad de la misma utilizando conocimientos de hidrología (ISO, 2014).

Así, la evaluación de la huella hídrica es la recopilación de las entradas, salidas y los impactos ambientales potenciales relacionados con el agua utilizada o afectada por un producto, proceso o una organización. Sirve para tomar conciencia del consumo de agua que necesitamos en nuestras actividades y, por tanto, se utiliza de base para conseguir una gestión más eficiente de este recurso (WATER FOOTPRINT, 2019).

Si nos referimos al concepto de huella hídrica asociado con el crecimiento de un cultivo en particular, se puede definir como el volumen total de agua dulce empleado, directa o indirectamente, a lo largo de todo el ciclo productivo del cultivo en cuestión, expresado como volumen de agua empleado (m^3) por cantidad de producto obtenido (kg). Este consumo de agua comporta a su vez tres componentes, que hacen referencia a tres tipos de agua: agua azul, agua verde y agua gris.

El agua azul es el volumen de agua procedente de la superficie o de aguas subterráneas, incluyendo el agua de riego, que se evapora o se incorpora en el producto. Se refiere al consumo de los recursos hídricos en toda la cadena de producción de un producto. La pérdida ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto. El agua verde es el volumen de agua procedente de lluvia, contenida en el suelo y disponible para las plantas, que se evapora o se incorpora en el producto cultivado. Por último, el agua gris se define como el volumen de agua necesario para asimilar la contaminación generada por un producto (Hoekstra et al., 2011).

Existen una gran variedad de índices de estrés hídrico regionalizados que se emplean para el cálculo de la huella hídrica. Cabe destacar el consenso internacional alcanzado en el proyecto WULCA, perteneciente a la Iniciativa de Ciclo de Vida UNEP/SETAC. En él se han acordado unos factores de caracterización regionalizados basados en la disponibilidad de las reservas de aguas (available water remaining, AWARE) (Boulay et al., 2018). En este trabajo para calcular el agua azul y el agua verde se utilizan los factores de caracterización de dicha metodología.

Por otro lado los impactos asociados al consumo de agua gris, no se calculan de la misma manera que los de agua azul o agua verde, pues no es lo mismo un litro de agua extraído de una fuente, que un litro de agua requerido para asimilar una emisión contaminante. Las emisiones contaminantes liberadas al agua se engloban dentro de otras categorías de impacto como la eutrofización o la ecotoxicidad acuática (Ferrandis, 2016).

La eutrofización acuática hace referencia al enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. Una de las causas más importantes por las que se produce la eutrofización de las aguas dulces es la actividad humana, en particular, el uso de fertilizantes, ya que las emisiones de fósforo (P) y nitrógeno (N), tanto por aire como por agua, implican la contaminación del agua dulce y de los ecosistemas marinos, provocando efectos diversos (composición, estructura y dinámica) sobre los mismo. Por otro lado, la ecotoxicidad hace referencia a la persistencia y capacidad acumulativa de un químico para instalarse en la cadena alimentaria humana y provocar efectos tóxicos (Ferrandis, 2016).

1.3 Consumo de agua en la industrialización de la naranja

Como se nombra anteriormente, el cultivo de la naranja, así como las posteriores etapas para su industrialización consumen recursos, entre ellos el agua.

La naranja se cultiva en regadío, por lo que en la fase agrícola, la etapa de riego es una de las etapas más importantes, ya que es donde se produce el consumo mayoritario de agua.

La siguiente fase es la postcosecha, como se explica más adelante, esta fase la fruta es desinfectada mediante un drencher y lavada para su posterior utilización, así como de su clasificación, encerado y secado, ya sea para consumo en fresco, o para utilizarla como alimento para animales (forraje) o para la fabricación de zumo de naranja. Una de las etapas donde más agua se gastará en esta fase es la etapa de desinfección (drencher) y lavado.

Para poder comercializar las frutas y las hortalizas en la UE se debe de cumplir la normativa de calidad establecida en el Reglamento (UE) 543/2011 del 7 de Junio de 2011. Hay unas normas de calidad genéricas y otras específicas para algunas frutas y hortalizas como es en el caso de los cítricos, para los que además las normas específicas tienen mayores requisitos, por ejemplo se establece una madurez mínima.

Los cítricos deben tener una calidad determinada, sanos, quedando excluidos los productos que presenten podredumbre u otras alteraciones que los hagan impropios para el consumo; limpios, prácticamente exentos de materias extrañas visibles; prácticamente exentos de plaga; prácticamente exentos de daños causados por plagas que afecten a la pulpa; exentos de humedad exterior anormal y exentos de olores y/o sabores extraños.

Además, los principales comercializadores de fruta exigen que las centrales hortofrutícolas sigan unos protocolos de calidad y seguridad alimentaria, que marcan una serie de medidas para garantizar características que son consideradas relevantes para los consumidores, para la calidad, la salud o el medio ambiente (BRC, IFS, etc.).

Por lo que el tratamiento previo de las naranjas es un tratamiento de desinfección de las frutas: drencher (desinfectado con fungicidas). El equipo lleva incorporado un sistema de dosificación automático de fungicidas, que mantiene constante la concentración de los fitosanitarios, además, permite optimizar su uso, y reducir la cantidad de agua vertida. Se suele adicionar un desinfectante para alargar la duración del agua (ácido peracético, peróxido de hidrógeno, hipoclorito).

El lavado elimina el polvo, la suciedad, los insectos, las esporas, los pesticidas y otros contaminantes de la superficie de los frutos. El lavado normalmente se hace con agua y detergente. El detergente se puede aplicar por varios métodos, los más usuales son por pulverización directa con boquillas sobre la fruta o a través de una cortina de espuma. El detergente se aplica sobre cepillos de nylon en rotación, que son los que realizan la parte mecánica del lavado. Se utilizan detergentes, alcalinos o neutros. Existe la posibilidad de utilizar detergentes especiales para la eliminación de la negrilla.

Al final del lavado es necesario enjuagar la fruta para eliminar los restos de jabón. El agua de enjuague puede llevar incorporado algún desinfectante que no tiene que dejar residuos en la fruta. Paralelamente las cajas donde las naranjas se han transportado hasta la central de procesado son lavadas en lavadoras de cajas. Por tanto la limpieza de la naranja es una de las operaciones en las que más agua se consume.

Aunque para el resto de etapas de la fase de postcosecha no se utiliza agua directamente sí que se utiliza agua de limpieza para el lavado de los equipos. Por último si la naranja ha sido clasificada para el procesado de zumo de naranja, pasa a la etapa de fabricación de zumo, donde se extrae el zumo y se pasteuriza. Este tratamiento también consume agua, así como la limpieza del pasteurizador y las instalaciones.

1.3.1 Limpieza de los equipos e instalaciones

Como se ha comentado anteriormente la limpieza de los equipos y las instalaciones contribuyen de manera importante a la demanda de agua del procesado de zumo de naranja. La limpieza del equipo se puede clasificar en dos grupos: Clean-in-place (CIP) “limpio en el lugar” y Clean-out-of-place (COP) “limpio fuera de lugar”.

En la operación COP, el equipo se desmonta todo lo necesario para exponer todas las superficies sucias posibles (Berk 2009). Las piezas se enjuagan, se limpian, se desinfectan y se vuelven a ensamblar. La limpieza de las instalaciones, que incluye superficies como pisos, paredes y techos, generalmente se realiza manualmente con la ayuda de mangueras, agua a presión y/o pulverizaciones. El agua empleada puede calcularse utilizando la ecuación 1:

$$W_T = t_{\text{día}} \cdot S \cdot n \quad (1)$$

donde W_T ($\text{m}^3/\text{año}$) es la cantidad de agua utilizada; $t_{\text{día}}$ (horas/día) es el tiempo empleado en la limpieza de la instalación, S (m^3/h) es el caudal de agua utilizada y n (días/año) el número de días de limpieza.

Como se explica anteriormente en el apartado 2.2.2 (subsistema postcosecha), el sistema CIP es un método de limpieza que se realiza automáticamente. Elimina los residuos de los equipos de la planta, así como de los circuitos de las tuberías sin desmontar ni abrir los equipos. El sistema funciona mediante la circulación de soluciones químicas (detergentes y desinfectantes) y agua a través de los equipos (tanques y tuberías) que permanecen ensamblados y mediante la inyección o pulverización de las superficies de contacto del producto en condiciones de mayor turbulencia y velocidad de flujo (Moerman et al. 2014). Los sistemas CIP se encuentran comúnmente en las plantas de productos líquidos, como lácteos, bebidas y cervecería. La instalación de estos sistemas permite que la solución de limpieza CIP se use una vez (CIP de un solo uso) y luego se deseche, o que se reutilice (reutilización de CIP). Los sistemas CIP típicos consisten en un enjuague previo con agua, una limpieza cáustica, un enjuague intermedio, una etapa de limpieza con ácido y un enjuague final (Sanjuán et al. 2011); sin embargo, el CIP de una etapa (que elimina el agente de limpieza ácido y el posterior enjuague) puede reducir el uso de agua en un 40% en comparación con un sistema convencional (Sanjuán et al. 2011). En las instalaciones donde hay pocos cambios entre los productos, la limpieza no se requiere con tanta frecuencia como en las instalaciones donde diferentes productos utilizan la misma línea de procesamiento.

Las estimaciones anuales de uso de agua para la limpieza con CIP: W_T ($\text{m}^3/\text{año}$) por tanque de CIP, se pueden basar en la suma de los tamaños de tanque de CIP: V_i (m^3) de la instalación y el número de veces que cada uno de estos tanques de CIP se rellena con una nueva solución de agua, cada año (el tanque se llena por año), como se muestra en la ecuación 2:

$$W_T = \sum V_i \cdot t_{i\text{año}} \quad (2)$$

Si la información sobre el método de limpieza o el tamaño de los tanques CIP es desconocido, la demanda de agua para la limpieza puede ser estimada como porcentaje del uso de agua de la instalación dependiendo del tipo de producto. (Walker et al. 2017)

1.5 Objetivo y plan de trabajo

El objetivo principal de este trabajo es calcular la huella hídrica total en la industrialización de la naranja en la Comunidad Valenciana. Este objetivo principal puede dividirse en los siguientes objetivos secundarios:

1. Determinación de la huella de agua azul
2. Determinación de la huella de agua verde
3. Determinación de la huella de agua gris

Para la consecución de los objetivos planteados se establece el siguiente plan de trabajo:

1. Definir la unidad funcional y los límites del sistema
2. Calcular los balances de materia
3. Obtención de los consumos de agua en las distintas etapas del proceso
4. Cálculo del agua azul
5. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo y del agua verde
6. Cálculo del agua gris
7. Cálculo de la huella hídrica

2. METODOLOGÍA

2.1 Definición de la unidad funcional y de los límites del sistema

La unidad funcional elegida en el estudio es de 1 L de zumo en la puerta de la fábrica.

El proceso incluye tres subsistemas (Figura 1):

1. Subsistema agrícola
2. Subsistema postcosecha
3. Fabricación del zumo de naranja

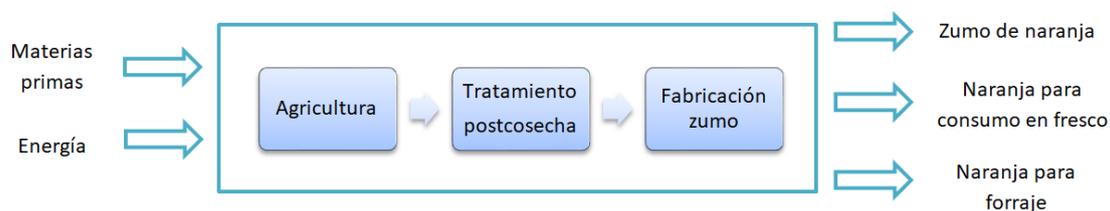


Figura 1. Límites del sistema

En cuanto a los límites de los subsistemas considerados, la fabricación y mantenimiento de edificios, maquinarias y equipos son excluidos, así como la etapa de consumo de naranjas. El proceso completo se muestra en la figura 2.

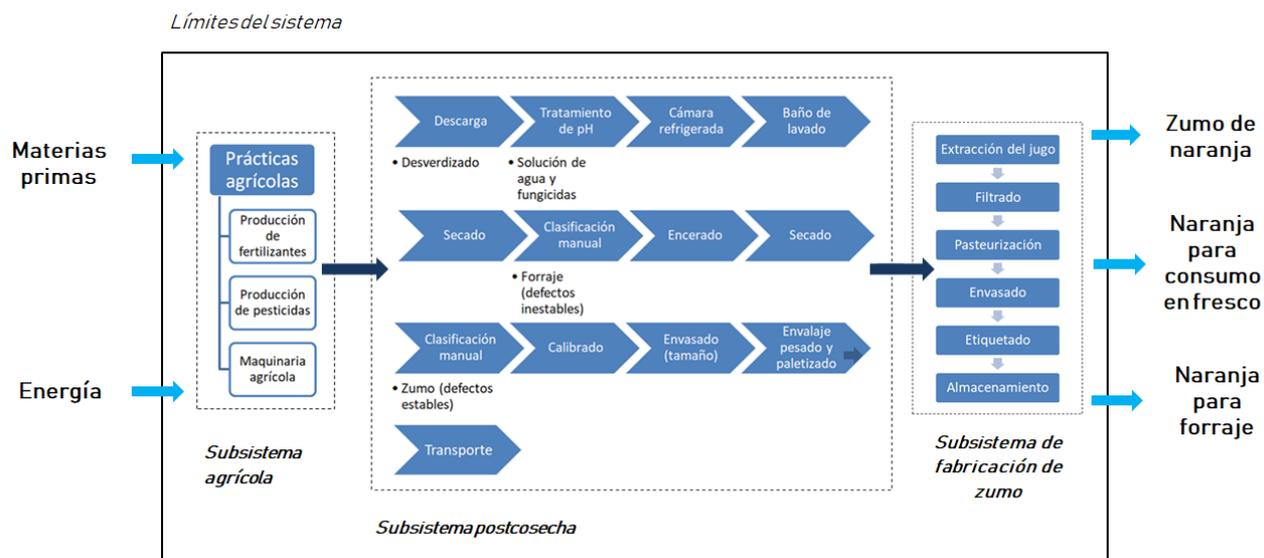


Figura 2. Límites del sistema y subsistemas considerados en el estudio

En cuanto a los límites temporales, para las prácticas de cultivo se recogieron datos de la temporada 2012 – 2013 (Ribal et al., 2018; Ribal et al., 2016).

Respecto al procesado del zumo, se obtiene utilizando naranjas que son retiradas por defectos estables en la clasificación manual del procesado de naranjas. Estas naranjas ya se encuentran lavadas y clasificadas, por lo que pasan directamente a la extracción del zumo, seguidas del filtrado y la pasteurización (Figura 2).

2.2 Descripción del sistema

2.2.1 Subsistema de agricultura

Este subsistema incluye todas las prácticas agrícolas necesarias, como la poda, control de plagas, riego, control de malezas etc. así como la producción de insumos agrarios. No obstante, tal y como se ha comprobado en otros trabajos, la etapa que supone el consumo mayoritario de agua es la etapa de riego, por lo que será el consumo de agua durante la misma el que se utilizará para calcular el agua azul en este trabajo

Se consideran dos tipos de cultivo, cultivo ecológico y cultivo convencional. También hay que tener en cuenta los datos del rendimiento del cultivo de la naranja: naranja convencional 33351,7 kg/ha*año y naranja ecológica 18326 kg/ha*año (Ribal et al., 2016).

2.2.2 Subsistema postcosecha

El sistema postcosecha considerado está descrito por Ribal (2018). Los datos de consumo de agua para este subsistema se han obtenido en los catálogos comerciales de las empresas fabricantes de maquinaria.

En primer lugar las naranjas cosechadas se envasan en cajas de polietileno de alta densidad (HDPE), cada caja contiene aproximadamente 20 kg de naranjas. Estas cajas son transportadas a la central hortofrutícola.

Al llegar a la central se realiza la recepción de las naranjas, donde antes de pasar a la línea de procesado, las naranjas son pesadas y se analizadas para verificar que se cumplen los estándares.

Las naranjas pasan luego a un tratamiento, donde son tratadas con una solución de agua y fungicidas en un drencher, tras lo cual, aquellas que van a ser comercializadas en fresco se llevan a una cámara refrigerada a 4,5 °C durante una duración media de 3 días.

Para este tratamiento se va a considerar un drencher de cadenas de la empresa DECCO, cuyas especificaciones técnicas (facilitadas por la empresa), aparecen en el Anexo I. El drencher es una maquinaria para tratar fruta que llega del campo, tanto en cajas sobre pallets como en palots. El sistema de tratamiento se hace a través de duchas de agua con productos adecuados a cada patología que se desea tratar. La empresa dispone de dos tipos de drencher, el de cadenas, que se emplea para almacenes con una gran carga de trabajo, y el drencher de cabinas, que es para almacenes pequeños en general, que tengan poca producción o como refuerzo a un drencher de cadenas.

El drencher de cadenas (figura 3) cuenta con un transportador de cadenas con movimiento continuo, de longitud variable que dispone de una cabina con duchas donde se trata la fruta y evitando salpicaduras al exterior. Este sistema permite colocar y duchar hasta 7 palets en el modelo estándar, siendo este número variable según longitud de las cadenas. Durante el recorrido después de las duchas los palets/palots permite el escurrido de estos (DECCO, 2019).



Figura 3. Drencher de cadenas (DECCO, 2019)

El siguiente paso es el lavado de la fruta, el equipo de lavado se elige en función del tipo de producto que se lava. En el caso de la naranja se trata de un proceso de inmersión y rociado accionado por correas, con un equipo Triowinpropack (Walker, 2015).

Paralelamente al lavado de la fruta, las cajas se limpian en una lavadora para poder ser reutilizadas. Para el estudio se utiliza una lavadora de cajas de la empresa DINOX, S.L. (figura 4) que diseña, fabrica y comercializa equipos industriales a medida para, principalmente, el sector agroalimentario. El equipo de lavado se compone de una fase de lavado con agua recirculada, y una fase de aclarado con agua de la red perdida. El consumo de agua para esta fase depende de factores como: el tipo y forma de caja, (retendrán más o menos agua) y la suciedad (DINOX, 2019).



Figura 4. Lavadora de cajas (DINOX, 2019)

Más tarde, las naranjas se secan, se clasifican manualmente y se retiran las que presentan defectos inestables (4,5 % de las naranjas), que son utilizadas para producir forraje (Ribal et al., 2018). Las frutas restantes son enceradas con cera con fungicidas y se abrillantan en túneles de aire caliente donde se realiza el secado final, una vez se realiza una clasificación manual donde se retiran las frutas que presentan defectos estables, es decir defectos en su apariencia (11% de las naranjas presentan estos defectos) (Ribal et al., 2018). Las naranjas retiradas son utilizadas para producción de zumo de naranja. Las naranjas que pasan la clasificación son calibradas y envasadas por tamaño. El embalaje es pesado, paletizado y almacenado en una cámara refrigerada a 4,5°C durante aproximadamente 4 días, aunque la duración puede variar de 1 a 60 días, según las condiciones del mercado (Ribal et al., 2018). Todo el proceso se muestra en la figura 2.

2.2.3 Procesado de zumo de naranja

La extracción del zumo consiste en eliminar la corteza de la naranja para extraer su zumo y posteriormente se tamiza para eliminar parte de la pulpa así como restos de corteza y de la piel del gajo, que puedan quedar. En este trabajo se considera un extractor eléctrico, el Extractor de zumo industrial Multifruit de Zumex (figura 5), cuyas especificaciones técnicas aparecen en la página web de la empresa (ZUMEX, 2019).



Figura 5. Extractor de zumo Multifruit (ZUMEX, 2019)

Más tarde se realiza un filtrado, donde el zumo pasa por un colador de malla fina para separar las semillas y otros sólidos en suspensión. Luego, se somete al zumo a un proceso de pasteurización, un tratamiento térmico a una temperatura de 95-97°C durante 30- 40 minutos, con un caudal de 4,5 - 5,5 m³/h. Esta operación se completa con un enfriamiento rápido del producto hasta una temperatura de 5°C, lo que produce un choque térmico que inhibe el crecimiento de los microorganismos que hayan sobrevivido a la pasteurización.

Mediante el pasteurizador Flash ZF1000 de la empresa Zumex (figura 6) se obtiene un zumo de alta calidad y garantía sanitaria mediante su intercambiador de calor de placas de alto paso en dos etapas: pasteurizado y enfriamiento. Pasteuriza y refrigera en pocos segundos conservando el sabor, color textura y aroma original (ZUMEX, 2019).



Figura 6. Pasteurizador Flash ZF1000 (ZUMEX, 2019)

Para la limpieza de los equipos, el pasteurizador dispone de un sistema CIP integrado (figura 7).



Figura 7. Sistema de limpieza CIP (Clean in place) (ZUMEX, 2019)

Para la limpieza del resto de instalaciones se utiliza el sistema COP, donde los equipos se desmontan y las piezas se enjuagan, se limpian, se desinfectan y se vuelven a ensamblar. La limpieza de las instalaciones, se realiza manualmente con la ayuda de mangueras, agua a presión y/o pulverizaciones.

Por último el zumo se introduce en envases y se etiqueta, dejándolo en cajas de plástico en refrigeración.

2.3 Evaluación de la huella hídrica

Como se menciona anteriormente (Apartado 1.2), la huella hídrica es un indicador del consumo y contaminación de agua dulce. Se trata de un indicador multidimensional compuesto por diferentes variables: agua azul, agua verde y agua gris, que relacionan el consumo en cada caso con el impacto asociado, así como con el cálculo de los indicadores de impacto correspondientes.

2.3.1 Evaluación del consumo de agua azul

El agua azul se refiere al consumo (pérdida) de los recursos hídricos azules (agua dulce), superficial o subterránea, en toda la cadena de producción de un producto. La pérdida ocurre cuando el agua se evapora, no regresa a la misma cuenca, es dispuesta al mar o se incorpora a un producto.

La evaluación del consumo de agua azul se realiza según la metodología AWARE descrita por Boulay (2018). Esta metodología se basa en el cálculo de los Índices de Estrés Hídrico regionalizados (IEH_{mes}), calculados mes a mes para reflejar en mayor medida la variabilidad de disponibilidad de agua que existe en una cuenca según aspectos temporales y climatológicos. Este índice cuantifica la fracción de agua consumida en detrimento de su uso potencial para

otros fines; puede tomar valores entre 0,01 y 1, siendo 0,01 una escasez mínima y 1 máxima escasez de agua, es decir máximo impacto causado por el consumo de agua azul.

Empleando el IEH_{mes} y teniendo en cuenta el consumo de Agua de Riego mensual (AR_{mes}), se puede calcular el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual (IAA_{mes}) de acuerdo con la ecuación 3. Este índice hace referencia al volumen de agua que pueda tener repercusión sobre los ecosistemas de agua dulce desde el punto de vista ecológico (m^3 de agua equivalentes de un ecosistema)

$$IAA_{mes} = AR_{mes} \cdot IEH_{mes} \quad (3)$$

El consumo de Agua de Riego mensual (AR_{mes}) se obtiene a partir de las necesidades de agua del cultivo teniendo en cuenta unos datos climáticos (Barberá, 2002).

2.3.2 Evaluación del consumo de agua verde

El *agua verde*, es el agua procedente de la lluvia contenida en el suelo y disponible para las plantas.

La evaluación del consumo de agua verde se realiza según la metodología AWARE descrita por (Boulay et al., 2018). Según esta metodología se calcula el Impacto derivado del consumo de Agua verde (IAV) según un enfoque productivo.

Se calcula el Impacto derivado del consumo de Agua verde de acuerdo a las ecuaciones 4 y 5; definiendo dAV (m^3/mes) como el consumo de *agua verde* llevado a cabo por el sistema de estudio (AV_c) menos el consumo de agua verde llevado a cabo por un sistema de referencia (AV_0). El sistema de referencia debe ser el cultivo mayoritario en la zona de estudio, ya que modifica el caudal del río y por tanto la disponibilidad de agua de la cuenca, influyendo así en el aumento o disminución de la escasez de agua. En este caso, el cultivo mayoritario en la zona de estudio es el cultivo de cítricos. Por ello se decidió no aplicar este diferencial considerando AV_0 igual a cero. Además, de esta manera se estaría considerando el supuesto más desfavorable en cuanto al cálculo del agua verde.

De acuerdo con este procedimiento, la evaluación del flujo de agua verde es compatible con la evaluación del flujo de agua azul, ya que el IAV depende del mismo factor de caracterización (IEH_{mes}), y por tanto posee las mismas unidades (m^3 de agua equivalentes de un ecosistema).

$$IAV = dAV \cdot IEH_{mes} \quad (4)$$

$$dAV = AV_c - AV_0 \quad (5)$$

El consumo de agua verde es equiparable a las pérdidas totales de agua que el cultivo sufre debido a la evapotranspiración (ET_c). La ET_c del cultivo se calcula según la metodología empleada por la FAO (ecuación 6, Allen et al., 1998), donde se emplea el coeficiente específico para cada cultivo (K_c) para relacionar la ET_c con la evapotranspiración potencial (ET_0):

$$ET_c = K_c \cdot ET_0 \quad (6)$$

donde ET_0 es la evapotranspiración de la superficie de referencia, para su cálculo se emplea la metodología descrita por Hargreaves y Samani (1985) según la ecuación 7.

$$ET_0 = 0,0023 \cdot (t_{med} + 17,78) \cdot R_0 \cdot KT \cdot (t_{max} - t_{min})^{0,5} \quad (7)$$

donde ET_0 es la evapotranspiración potencial diaria (mm/día), t_{med} es la temperatura diaria media, R_0 es la radiación solar extraterrestre (tabulada en Hargreaves y Samani (1985)), KT es un coeficiente empírico calculado a partir de datos de presión atmosférica, t_{max} es la temperatura diaria máxima y t_{min} la temperatura diaria mínima.

En este caso la evapotranspiración potencial mensual (mm/mes), se obtiene directamente mediante los datos meteorológicos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA, 2019), para el periodo de mayo de 2012 a Abril de 2013 en la comarca de Tabernes de Valldigna, provincia de Valencia.

El consumo de agua verde mensual se calculó de acuerdo con la ecuación 8. Se puede apreciar que la cantidad de agua verde que puede consumir la planta está limitada por la precipitación efectiva (Pe), definida como la proporción de la precipitación total (P) disponible para las plantas.

$$Si \ Pe \geq \ ETc, \ consumo \ de \ agua \ verde = \ ETc \quad (8)$$

$$Si \ Pe < \ ETc, \ consumo \ de \ agua \ verde = \ Pe$$

La Pe depende a su vez de las características específicas de cada suelo. Para su estimación se empleó el método USDA descrito en la ecuación 9 (USDA, 1986).

$$Si \ P > \ 250 \ mm, \ Pe = 0,1P + 125 \quad (9)$$

$$Si \ P < \ 250 \ mm, \ Pe = P \cdot [(125 - 0,2P) / 125]$$

El IAV indica el nivel de estrés que el cultivo ejerce sobre el suelo en el que crece. En principio, valores bajos indican un menor estrés sobre el agua disponible en el suelo.

2.3.3 Evaluación del consumo de agua gris

El agua gris es el volumen de agua dulce necesaria para asimilar las emisiones contaminantes. Dada la dificultad que entraña el cálculo de este parámetro, para el cálculo de agua gris se cogieron los datos bibliográficos de la Water Footprint Network para la Comunidad Valenciana, que indica que el 12% de la huella hídrica para el cultivo de naranja corresponde al agua gris (WATER FOOTPRINT, 2019)

2.3.4 Huella hídrica total

Para poder relacionar la huella azul, verde y gris, se debe tener en cuenta la unidad funcional, un litro de zumo de naranja. Además para calcular el consumo de agua total que se produce en

la producción del zumo de naranja que tener en cuenta el agua consumida en el subsistema de cultivo (agua azul, agua verde y agua gris) y en el tratamiento postcosecha por las naranjas que se usan directamente para zumo y el agua consumida en la fabricación del zumo.

3. RESULTADOS

3.1 Balance de materia

Según los datos indicados anteriormente (apartado 2.2.2), en el sistema postcosecha, las naranjas previamente lavadas y secadas, se clasifican manualmente. Un 4,5% de las naranjas presentan defectos inestables, por lo que son utilizadas para producir forraje, mientras que un 11% son destinadas a la fabricación de zumo de naranja, ya que presentan defectos estables, es decir defectos en su apariencia (Ribal et al., 2018).

Por otro lado, los datos sobre el rendimiento de la naranja en zumo se obtuvieron por un estudio de la Universidad Politécnica de Valencia (Raigón et al., 2019). (Tabla 2)

Tabla 2. Rendimiento en zumo (g zumo en 100 gramos de fruta) para las variedades de Marisol y Satsuma ecológicas y convencionales (Raigón et al., 2019).

Variedades	CÍTRICOS ECOLÓGICOS		CÍTRICOS CONVENCIONALES	
	Peso (g/100)	Volumen (ml/100g)	Peso (g/100)	Volumen (ml/100g)
Marison	47,1	45,3	20,7	20,5
Satsuma	43,1	41,7	22,9	22,5
Media	45,1	43,5	21,8	21,5

Comparando los valores de rendimiento (Tabla 2), de las variedades Marisol y Satsuma para ambos tipos de cultivo (ecológico y convencional), se observa que por cada 100 g de fruta se alcanza prácticamente el doble de volumen y peso de zumo en las variedades ecológicas frente a las convencionales. El rendimiento en zumo de la naranja ecológica es 45,1%, mientras que la naranja convencional tiene un rendimiento del 21,8%. Esto quiere decir que el rendimiento en zumo es mayor para las variedades ecológicas.

Los datos sobre la densidad son obtenidos del BOE (2007). La densidad del zumo de naranja es de 1,040 kg/m³.

Todos los datos anteriores son precisos para el cálculo del caudal de naranjas necesario para obtener un litro de zumo de naranja (m_1) en un proceso como el que se muestra en la figura 8.

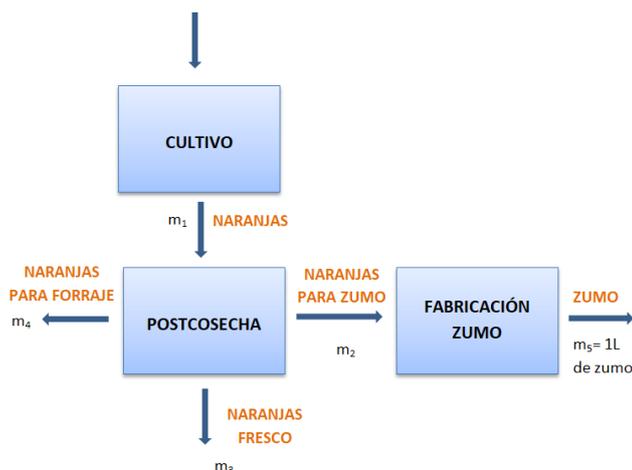


Figura 8. Diagrama de flujo de la industrialización de la naranja

Realizando la media del rendimiento en zumo entre las dos variedades de naranja, podemos ver la diferencia entre las naranjas necesarias para obtener un litro de zumo utilizando naranja ecológica y convencional. (Tabla 3)

Tabla 3. Naranjas necesarias (kg) para elaborar 1L de zumo. Diferencia entre naranjas ecológicas y convencionales

	Naranjas	Naranja para zumo	Naranja para fresco	Naranja para forraje	Zumo
Convencional	43,17	4,75	36,37	2,05	1,04
Ecológica	20,96	2,31	17,66	1,00	1,04

Por tanto, con un proceso como el de la figura 8, se necesitan 43,17 kg de naranjas convencionales, que serán lavadas y clasificadas, para producir 1L de zumo. El 11% de estas naranjas, es decir, 4,75 kg de naranjas convencionales pasan al proceso de fabricación de zumo (extracción, pasteurización etc.), mientras que el resto, 36,37 kg y 2,05 kg se utilizan para naranja de consumo en fresco y naranja para forraje respectivamente. El proceso al que serán sometidas estas últimas posteriormente no lo tendremos en cuenta para el estudio de la huella hídrica, ya que se salen de nuestros límites de estudio. Por otro lado, para la elaboración de un litro de zumo a partir de naranjas ecológicas, se utilizan 20,96 kg de naranjas, de las cuales 2,31 kg pasan al proceso de fabricación de zumo, 17,66 se utilizan para naranja en fresco y el resto, 1 kg, se utiliza para forraje.

Como se comenta anteriormente se necesita aproximadamente el doble de naranjas convencionales para obtener un litro de zumo frente a las ecológicas.

3.2 Estimación de la demanda de agua de procesado

Los detalles para determinar el uso del agua que se utiliza tanto en el procesamiento de la naranja y zumo, como el uso del agua asociado con la limpieza de los equipos e instalaciones, se discutirán en este apartado. Establecer ecuaciones específicas para determinar el uso del agua es difícil, ya que en el uso real del agua intervienen muchas variables. Por ello en la mayoría de los casos los valores de uso del agua se determinan en base a las especificaciones de los equipos que se encuentran en el Anexo, o en la página web del equipo utilizado (tabla 4 y tabla 5).

Tabla 4. Datos recogidos de las especificaciones técnicas sobre el consumo de agua de los equipos utilizados para la etapa postcosecha de la naranja

ETAPA	DATO	EQUIPO	REFERENCIA
Drencher	50 m ³ /h	Drencher de cadenas	Especificaciones del equipo (DECCO, 2019)
Lavadora de cajas	8-15 l/h	Lavadora de cajas DINOX	Especificaciones del equipo (DINOX, 2019)
Lavado de frutas	0,0015-0,002 m ³ /kg naranja	Triowinpropack	Especificaciones del equipo (WALKER, 2015)

En el sistema postcosecha las etapas de lavado son las etapas más importantes en el consumo de agua. (Tabla 4)

El drencher de cadenas cuenta con un sistema de duchas por impulsión con 2 bombas de 4 CV y un caudal máximo 50 m³ agua/hora.

La lavadora de cajas, como se explica anteriormente en el apartado 2.2.2 (subsistema postcosecha) se compone de una fase de lavado con agua recirculada, y una fase de aclarado con agua de la red perdida. Aunque el agua recirculada debe renovarse cada cierto tiempo dependiendo de la suciedad que presenten las cajas, la consideraremos despreciable frente a la fase de aclarado. Como se puede comprobar el consumo medio de agua por caja es muy variable y depende de muchos factores. La empresa facilita los datos para una producción mediana, de aproximadamente un lavado de 700 cajas por hora, cada caja tiene una capacidad de 20 kg de naranjas. El agua de aclarado de la red para esta producción es de unos 8-15 litros de agua por minuto.

Por último el sistema de lavado elegido, un proceso de inmersión y rociado accionado por correas, con un equipo Triowinpropack, tiene un consumo de agua de 0,0015-0,002 metros cúbicos de agua por kilogramo naranja.

Las etapas de presecado, encerado y secado no cuenta en su proceso con un consumo directo de agua, tan solo será necesaria agua de limpieza para la limpieza de los equipos, cuyo dato se encuentra englobado en el agua de limpieza total (tabla 5)

Tabla 5. Datos recogidos de las especificaciones técnicas sobre el consumo de agua de los equipos utilizados para la etapa de fabricación de zumo

ETAPA	DATO	EQUIPO	REFERENCIA
Extracción de zumo	2 l/min	Extractor Multifruit de Zumex	(ZUMEX, 2019)
Pasteurización	5,5% de 6,5 m ³ /m ³ zumo	Pasteurizador Flash ZF1000 de Zumex	(BREF, 2006)
Enfriamiento	5,5% de 6,5 m ³ /m ³ zumo	Pasteurizador Flash ZF1000 de Zumex	(BREF, 2006)
Caldera	15% de 6,5 m ³ /m ³ zumo	-	(BREF, 2006)
Agua de limpieza	0,0004 m ³ /m ³ zumo	Sistemas CIP y COP	(WALKER, 2015)

La tabla 5 muestra los datos de consumo de agua recogidos de las fichas técnicas de los diferentes equipos utilizados para la fabricación del zumo de naranja. El extractor de zumo Multifruit tiene una capacidad de 400 kilogramos de zumo por hora y un consumo de agua de 2 litros de agua por minuto. La etapa de pasteurización completa (tratamiento térmico y posterior enfriamiento) para un zumo tiene un consumo de aproximadamente 6,5 metros cúbicos de agua por metro cúbico de zumo. Se recalculan los porcentajes dados (BREF,2006) para eliminar el porcentaje de agua de receta (27%), ya que el zumo de naranja en general, y por tanto el considerado en el estudio no lleva agua añadida. Finalmente el consumo de agua para la pasteurización es un 5,5%, la etapa de enfriamiento 5,5% y la caldera un 15% del consumo total de esta etapa.

Por otro lado, el agua de limpieza, que engloba tanto la limpieza de CIP integrado en el pasteurizador como el sistema COP para el resto de equipos e instalaciones puede calcularse mediante las ecuaciones anteriormente nombradas en el apartado de Introducción si se cuenta con todos los datos. En este estudio utilizamos el dato de consumo de 0,0004 m³ (BREF, 2006).

Con todos estos datos y los aportados en el apartado anterior, se puede calcular el agua total que se consume en las etapas de postcosecha de la naranja y fabricación de zumo de naranja por metro cúbico de zumo (tabla 6).

Como se puede ver en la tabla 6, el consumo de agua para la etapa de postcosecha de la naranja, teniendo en cuenta la unidad funcional (UF = 1L de zumo), es de 241,14 m³ agua/m³ zumo, mientras que para la etapa de fabricación de zumo de naranja es 2,42 m³ agua/m³ zumo. Por lo que el agua total consumida en ambas etapas es 243,55 metros cúbicos de agua por metro cúbico de zumo.

Tabla 6. Consumo de agua (m^3 agua/ m^3 zumo) en las etapas de postcosecha y fabricación del zumo de naranja

POSTCOSECHA	m^3 agua/ m^3 zumo	ZUMO DE NARANJA	m^3 agua/ m^3 zumo
Drecher	160,35	Extracción de zumo	0,31
Lavadora de cajas	2,21	Pasteurización	0,36
Lavado	78,57	Enfriamiento	0,36
-	-	Caldera	0,98
-	-	Agua de limpieza	0,42
TOTAL	241,14	TOTAL	2,42

3.3 Agua azul, agua verde y agua gris

3.3.1 Agua azul

Como se menciona anteriormente, la evaluación del consumo de agua azul, es decir, el volumen de agua procedente de la superficie o de aguas subterráneas, se realiza según la metodología AWARE (Boulay et al., 2018).

Mediante el consumo de agua para cada subsistema y el IEH_{mes} , se puede calcular el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual (IAA_{mes}) de acuerdo con la ecuación 3. Este índice hace referencia al volumen de agua que pueda tener repercusión sobre los ecosistemas de agua dulce desde el punto de vista ecológico (m^3 de agua equivalentes de un ecosistema)

3.3.1.1 Cultivo

Para el cálculo de agua azul en el subsistema de cultivo de la naranja, empleando el IEH_{mes} y teniendo en cuenta el consumo de Agua de Riego mensual (AR_{mes}), se calcula el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual (IAA_{mes}). (Tabla 7)

Como se menciona en la descripción del subsistema de cultivo (apartado 2.2.1), la etapa que supone el consumo mayoritario de agua es la etapa de riego en las prácticas agrícolas, por lo que son estos datos los que se utilizan para el cálculo del impacto. Las demás etapas como la fabricación de fertilizantes, herbicidas, etc. se consideran despreciables frente a ésta (Ferrandis, 2016). También hay que tener en cuenta los datos del rendimiento del cultivo de la naranja.

Tabla 7. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de cultivo de la naranja

	ARmes	IEHmes	IAAmes	Convencional	Ecológico
MES	mm/mes		mm	l agua/kg naranja	
Enero	19	0,23	4,37	1,31	2,38
Febrero	25	0,3	7,5	2,25	4,09
Marzo	46	0,21	9,66	2,90	5,27
Abril	57	0,31	17,67	5,30	9,64
Mayo	71	0,55	39,05	11,71	21,31
Junio	90	0,72	64,8	19,43	35,36
Julio	116	0,93	107,88	32,35	58,87
Agosto	97	0,86	83,42	25,01	45,52
Septiembre	62	0,74	45,88	13,76	25,04
Octubre	50	0,51	25,5	7,65	13,91
Noviembre	23	1	23	6,90	12,55
Diciembre	17	0,08	1,36	0,41	0,74
TOTAL			430,09	128,96	234,69

Una vez calculado el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual, se puede obtener el Impacto derivado del consumo de Agua Azul total realizando la suma de todos los meses. Como se puede ver en la tabla 7, el agua azul total en el subsistema de cultivo de naranja convencional es 128,96 litros de agua por kilogramo de naranjas, mientras que para el cultivo ecológico es 234,69 l/kg.

El consumo de agua para cultivo es mayor ya que aunque se considera el mismo gasto de agua para la etapa de riego, el rendimiento del cultivo convencional es mayor, es decir, utilizaremos menos inputs para obtener la misma cantidad de naranjas.

Por último, se realiza una comparación de los datos obtenidos mediante los cálculos anteriores tanto para el cultivo convencional como el ecológico con los datos bibliográficos obtenidos de la Water Footprint Network (2019) de manera global y para la Comunidad Valenciana (tabla 8).

Tabla 8. Comparación Agua azul del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos

Agua Azul (l/kg)	
Global (WATER FOOT PRINT, 2019)	110
C. Valenciana (WATER FOOT PRINT, 2019)	170
Cultivo convencional	128,96
Cultivo ecológico	234,69

Como se ve en la tabla 8, los datos calculados son similares a los obtenidos de la Water Footprint Network (2019). Las diferencias observadas pueden ser debidas a que en los estudios de la Water Footprint Network (2019) se usan otros factores de caracterización regionalizados, (Hoekstra et al., 2011), así como a las diferencias al estimar el consumo de agua de riego. Tal y como se comenta anteriormente los resultados para el cultivo ecológico, son más elevados que para el cultivo convencional debido al menor rendimiento que presenta este tipo de cultivo.

3.3.1.2 Postcosecha

Para el cálculo del Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual en el subsistema postcosecha se tiene en cuenta el consumo de agua total calculado en este subsistema en el apartado anterior (3.2. Demanda de agua de procesamiento). El consumo de agua total es 241,14 m³ agua/m³ zumo. Conociendo el caudal de naranjas que se procesan por hora en esta etapa (14000 kg/h), suponiendo una jornada laboral de 8h/día y 20 días/mes y conociendo la cantidad de naranjas que se necesitan procesar para obtener un litro de zumo (43,17 kg de naranjas si usamos convencionales y 20,96 kg de naranjas si usamos las de cultivo ecológico (tabla 3)), se pueden calcular los litros de agua que se consumen cada mes en este subsistema. Se supone también que el consumo de agua se reparte de manera equivalente entre los doce meses del año

Por tanto, empleando el IEH_{mes} (Boulay et al., 2018) y teniendo en cuenta el consumo de agua total de la fase de postcosecha, se calcula el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual (IAA_{mes}). (Tabla 9)

Tabla 9. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de postcosecha

	Consumo	IEH _{mes}	IAA _{mes}	Convencional	Ecológico
MES	m ³ /mes		mm	l agua/kg naranja	
Enero	12511,62	0,23	2877,67	1,28	1,28
Febrero	12511,62	0,3	3753,48	1,68	1,68
Marzo	12511,62	0,21	2627,44	1,17	1,17
Abril	12511,62	0,31	3878,60	1,73	1,73
Mayo	12511,62	0,55	6881,39	3,07	3,07
Junio	12511,62	0,72	9008,36	4,02	4,02
Julio	12511,62	0,93	11635,80	5,19	5,19
Agosto	12511,62	0,86	10759,99	4,80	4,80
Septiembre	12511,62	0,74	9258,60	4,13	4,13
Octubre	12511,62	0,51	6380,92	2,85	2,85
Noviembre	12511,62	1	12511,62	5,59	5,59
Diciembre	12511,62	0,08	1000,93	0,45	0,45
TOTAL			80574,81	35,97	35,97

Una vez calculado el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual, se puede obtener el Impacto derivado del consumo de Agua Azul total realizando la suma de todos los meses. Como se puede ver en la tabla 9, el agua azul total en el subsistema de postcosecha de la naranja es la misma para ambos tipos de cultivo, 35,97 litros de agua por kilogramo de naranja, ya que se considera el mismo gasto de agua para tratar una naranja ecológica que una convencional.

3.3.1.3 Fabricación de zumo

Para el subsistema de fabricación de zumo se utilizan los datos calculados en el apartado anterior (3.2. Demanda de agua de procesamiento). El consumo total de agua calculado en este subsistema es 2,42 m³ agua/m³ zumo. Conociendo el caudal de zumo que se procesa por hora en esta etapa (400 kg zumo/h) y suponiendo una jornada laboral de 8h/día y 20 días/mes,

se pueden calcular los litros de agua que se consumen cada mes en este subsistema. Se supone también que el consumo de agua se reparte de manera equivalente entre los doce meses del año.

Empleando el IEH_{mes} (Boulay et al., 2018) y teniendo en cuenta el consumo de agua calculado del subsistema de fabricación de zumo, se calcula el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual (IAA_{mes}). (Tabla 10)

Tabla 10. Impacto derivado del consumo de Agua Azul en el subsistema de fabricación de zumo de naranja

	Consumo	IEHmes	IAA _{mes}	Convencional	Ecológico
MES	m ³ /mes		mm	l agua/kg zumo	
Enero	154,667	0,23	35,57	0,56	0,56
Febrero	154,667	0,3	46,40	0,72	0,72
Marzo	154,667	0,21	32,48	0,51	0,51
Abril	154,667	0,31	47,95	0,75	0,75
Mayo	154,667	0,55	85,07	1,33	1,33
Junio	154,667	0,72	111,36	1,74	1,74
Julio	154,667	0,93	143,84	2,25	2,25
Agosto	154,667	0,86	133,01	2,08	2,08
Septiembre	154,667	0,74	114,45	1,79	1,79
Octubre	154,667	0,51	78,88	1,23	1,23
Noviembre	154,667	1	154,67	2,42	2,42
Diciembre	154,667	0,08	12,37	0,19	0,19
TOTAL			996,05	15,56	15,56

Una vez calculado el Impacto derivado del consumo de Agua Azul mensual, se puede obtener el Impacto derivado del consumo de Agua Azul total realizando la suma de todos los meses. Como se puede ver en la tabla 10, el agua azul total en el subsistema de fabricación de zumo de naranja tanto utilizando naranjas convencionales como naranjas ecológicas es 15,56 litros de agua por kilogramo de naranja, ya que se consume la misma cantidad de agua para tratar zumo proveniente de naranjas ecológicas y convencionales.

3.3.2 Agua verde

El consumo de agua verde, es decir, volumen de agua procedente de lluvia que se evapora o se incorpora en el producto cultivado se realiza en el subsistema de cultivo, es equiparable a las pérdidas totales de agua que el cultivo sufre debido a la evapotranspiración (ET_c). Para el cálculo de la ET_c del cultivo se emplea el coeficiente específico para cada cultivo (K_c), en este caso para el cultivo de cítricos el coeficiente es 0,7 (Allen et al., 2007) y se relaciona con la evapotranspiración potencial (ET_o) que es la evapotranspiración de la superficie de referencia.

La evapotranspiración potencial mensual (mm/mes), se obtiene mediante los datos meteorológicos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA, 2019), para el periodo de mayo de 2012 a Abril de 2013 en la comarca de Tabernes de Valldigna, provincia de Valencia.

Se escoge esta zona ya que según el método Thornthwaite (cálculo de la evapotranspiración en función de la temperatura media) los valores más elevados de evapotranspiración se producen en la comarca de Ayora- Cofrentes y también en la Ribera, concretamente en la zona de Gandía y Tavernes de la Valldigna (Soriano Soto et. al). Por lo que tomaremos los datos de ET₀ de la zona de Tavernes de la Valldigna.

Relacionando el coeficiente específico K_c y la evapotranspiración potencial ET₀ se pueden calcular las pérdidas totales de agua que el cultivo sufre debido a la evapotranspiración (ET_c).

También se obtienen los datos de precipitación total para esta zona y periodo de tiempo (IVIA, 2019) ya que la cantidad de agua verde que puede consumir la planta está limitada por la precipitación efectiva (P_e), definida como la proporción de la precipitación total (P) disponible para las plantas que a su vez depende de las características específicas de cada suelo. Para su estimación se empleó el método USDA descrito en la ecuación 9 (apartado 2.3.2) (USDA, 1986).

Con todos estos datos se calcula el consumo de agua verde llevado a cabo por el subsistema de cultivo de naranja (tabla 11). En este caso no se utiliza un sistema de referencia ya que, como se explica anteriormente el cultivo mayoritario en la zona de estudio es el cultivo de cítricos.

Tabla 11. Consumo de Agua Verde en el subsistema de cultivo de la naranja

	ET ₀	P	ET _c	Pe	AV
MES	mm	mm	mm	mm	mm
Enero	152,85	4,02	107,00	3,99	3,99
Febrero	162,16	3,22	113,51	3,20	3,20
Marzo	171,34	0	119,94	0,00	0,00
Abril	149,54	122,6	104,68	98,55	98,55
Mayo	107,63	148,1	75,34	113,01	75,34
Junio	68,77	64,92	48,14	58,18	48,14
Julio	39,71	189,96	27,80	132,22	27,80
Agosto	37,19	8,29	26,03	8,18	8,18
Septiembre	57,08	10,15	39,96	9,99	9,99
Octubre	64,51	58,26	45,16	52,83	45,16
Noviembre	92,06	27,81	64,44	26,57	26,57
Diciembre	100,01	79,78	70,01	69,60	69,60
TOTAL					416,52

De la misma forma que el agua azul, el Impacto derivado del consumo de agua verde (tabla 12) depende del factor de caracterización (IEH_{mes}), y por tanto posee las mismas unidades y ambos impactos son compatibles. Además, al igual que en el cálculo del agua azul en la etapa de cultivo, en el cálculo de agua verde necesitamos el rendimiento de cultivo de la naranja (naranja convencional 33351,7 kg/ha*año y ecológica 18326 kg/ha*año (Ribal et al., 2016)).

Tabla 12. Impacto derivado del consumo de Agua Verde en el subsistema de cultivo de la naranja

	AV	IEHmes	IAV convencional	IAV ecológico
MES	mm		l agua/kg naranjas	
Enero	3,99	0,23	0,28	0,50
Febrero	3,20	0,30	0,29	0,52
Marzo	0,00	0,21	0,00	0,00
Abril	98,55	0,31	9,16	16,67
Mayo	75,34	0,55	12,42	22,61
Junio	48,14	0,72	10,39	18,91
Julio	27,80	0,93	7,75	14,11
Agosto	8,18	0,86	2,11	3,84
Septiembre	9,99	0,74	2,22	4,03
Octubre	45,16	0,51	6,91	12,57
Noviembre	26,57	1,00	7,97	14,50
Diciembre	69,60	0,08	1,67	3,04
TOTAL	416,52		61,16	111,30

Una vez calculado el Impacto derivado del consumo de Agua Verde mensual, se puede obtener el Impacto derivado del consumo de Agua Verde total realizando la suma de todos los meses. Como se puede ver en la tabla 12, el agua verde total en el subsistema de cultivo de naranja convencional es 61,16 litros de agua por kilogramo de naranja, mientras que para el cultivo ecológico es 111,30 l/kg. Igual que con el agua azul de la etapa de cultivo, el impacto es mayor en con el cultivo ecológico, pues usando el mismo agua, obtenemos un menor rendimiento de cultivo.

Por último se realiza una comparación de los datos obtenidos mediante los cálculos anteriores tanto para el cultivo convencional como el ecológico con los datos bibliográficos obtenidos de la Water Footprint Network (2019) de manera global y para la Comunidad Valenciana (tabla 13).

Tabla 13. Comparación Agua Verde del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos

Agua Verde (l/kg)	
Global (WATER FOOT PRINT, 2019)	401
C. Valenciana (WATER FOOT PRINT, 2019)	213
Cultivo convencional	61,16
Cultivo ecológico	111,30

El agua verde global de la naranja es 401 l/kg. En España, concretamente en la Comunidad Valenciana, el agua verde para el cultivo de naranja es 213 l/kg (WATER FOOT PRINT, 2019), aproximadamente la mitad del agua global, esto muestra la importancia de los datos climáticos al realizar los cálculos, ya que la climatología media es muy diferente de la que se pueda dar en la Comunidad Valenciana. Por otro lado, el agua verde calculada para el cultivo convencional en la Comunidad Valenciana es 61,16 l/kg de naranja y para el cultivo ecológico es 111,30 l/kg

de naranja (tabla 13). Las diferencias entre los resultados del estudio y los datos bibliográficos se deben a que se usan diferentes factores de caracterización. Además para el cálculo del agua verde se utiliza la evapotranspiración (ETc), que varía según los datos climáticos y estos a su vez varían según el año.

3.3.3 Agua gris

Como se menciona anteriormente para el agua gris se consideran los datos bibliográficos de la Water Footprint Network para la Comunidad Valenciana que indican que el 12% de la huella hídrica para el cultivo de naranja corresponde al agua gris.

Por tanto para el cultivo convencional, teniendo en cuenta los resultados anteriores para la etapa de cultivo de agua azul (128,96 l/kg) y agua verde (61,16 l/kg), el agua gris es 25,93 litros de agua por kilogramos de naranja convencional. Mientras que para el cultivo ecológico, la etapa de cultivo de agua azul es 234,69 l/kg y la de agua verde es 11,30 l/kg, por tanto el agua gris es 47,18 litros de agua por kilogramos de naranja ecológica. (Tabla 14)

Tabla 14. Comparación Agua Gris del cultivo de la naranja (l/kg) con datos bibliográficos

Agua gris (l/kg)	
Global (WATER FOOT PRINT, 2019)	49
C. Valenciana (WATER FOOT PRINT, 2019)	55
Cultivo convencional	25,93
Cultivo ecológico	47,18

El agua gris global para el cultivo de la naranja es 49 l/kg. En España, concretamente en la Comunidad Valenciana, es 55 l/kg (WATER FOOT PRINT, 2019). Estos datos concuerdan con los calculados, aunque se asemejan más a los de cultivo ecológico.

3.3.4 Huella hídrica total

Para poder relacionar todos los impactos calculados anteriormente, se debe tener en cuenta la unidad funcional, un litro de zumo de naranja. Por tanto, para calcular el consumo de agua total en la comercialización de la naranja de este proceso, hay que tener en cuenta, el agua consumida en el subsistema de cultivo (tabla 15 y tabla 16), así como el agua consumida en el tratamiento postcosecha (tabla 17) y en la fabricación del zumo (tabla 18).

Tabla 15. Huella hídrica en el subsistema de cultivo de la naranja

	l agua/kg naranja		l agua/l zumo de naranja	
	Convencional	Ecológico	Convencional	Ecológico
AA cultivo	128,96	234,69	5567,21	4919,89
AV cultivo	61,16	111,30	2640,29	4919,89
AG cultivo	25,93	47,18	1119,44	754,08
Total	216,05	393,17	9326,94	10593,86

Como se calcula en el apartado de balance de materia, las naranjas totales necesarias que hay que cultivar para obtener un litro de zumo en este estudio son 43,17 kg de naranjas convencionales o 20,96 kg de naranjas ecológicas. Por tanto como se observa en la tabla 15, la huella hídrica de la etapa de cultivo para el procesado de un litro de zumo de naranja en el sistema de estudio es 9326,94 litros de agua por litro de zumo para cultivo convencional, mientras que para cultivo ecológico es 10593,86 l/l. El impacto aunque mayor en el cultivo ecológico, es similar en ambos cultivos, ya que aunque las naranjas ecológicas tengan un mayor rendimiento en zumo, también tienen un menor rendimiento de cultivo.

Aunque en este sistema de estudio se necesiten cultivar 43,17 kg de naranjas convencionales y 20,96 kg de naranjas ecológicas para obtener un litro de zumo, realmente, solo el 11% de estas naranjas se utilizan directamente para elaborar el zumo. Para el cálculo de la huella hídrica del procesado de un litro de zumo de naranja hay que tener en cuenta el balance de materia realizado. Para obtener el zumo solo se utilizan directamente 4,75 kg de naranjas convencionales y 2,31 kg de naranjas ecológicas (tabla 16).

Tabla 16. Huella hídrica en el subsistema de cultivo de la naranja para naranjas destinadas a zumo

	l agua/kg naranja		l agua/l zumo de naranja	
	Convencional	Ecológico	Convencional	Ecológico
AA cultivo	128,96	234,69	612,39	541,19
AV cultivo	61,16	111,30	290,43	541,19
AG cultivo	25,93	47,18	123,14	82,95
Total	216,05	393,17	1025,96	1165,33

La huella hídrica de la etapa de cultivo para el procesado de un litro de zumo de naranja en el sistema de estudio es 1025,96 litros de agua por litro de zumo para cultivo convencional, mientras que para cultivo ecológico es 1165,33 l/l. Aunque el impacto asociado al consumo de agua es mayor en el cultivo ecológico, es similar en ambos cultivos, ya que aunque las naranjas ecológicas tengan un mayor rendimiento en zumo, también tienen un menor rendimiento de cultivo.

Las naranjas que pasan al subsistema de postcosecha, tanto para consumo en fresco, como para forraje, para obtener un litro de zumo son 36,37 kg y 2,05 kg de naranjas convencionales o 17,66 kg y 1 kg de naranjas ecológicas respectivamente. Por tanto la huella hídrica de la etapa de postcosecha para las naranjas en fresco y las naranjas para forraje se observa en la tabla 17.

Tabla 17. Huella hídrica en el subsistema de postcosecha de las naranjas de consumo en fresco y las naranjas para forraje

	l agua/kg naranja			l agua/l zumo de naranja	
	Convencional	Ecológico		Convencional	Ecológico
AA postcosecha	35,97	35,97	AA postcosecha naranja	1308,33	635,31
			AA postcosecha forraje	73,76	35,82
Total				1382,09	671,13

La huella hídrica de la etapa postcosecha de las naranjas en fresco y las naranjas para forraje para el procesado de un litro de zumo de naranja en el sistema de estudio es 1382,09 litros de agua por litro de zumo para cultivo convencional, mientras que para cultivo ecológico es 671,13 l/l. En este caso el impacto es menor mediante naranjas ecológicas, ya que el rendimiento en zumo de la naranja ecológica es mayor, por lo que utilizaré una menor cantidad de naranjas para la elaboración de un litro de zumo.

Las naranjas que pasan a la fase de postcosecha directamente utilizadas para zumo son 4,75 kg de naranjas convencionales o 2,31 kg de naranjas ecológicas. La huella hídrica de la etapa de postcosecha de las naranjas destinadas a zumo para el procesado de un litro de zumo de naranja se observa en la tabla 18.

Tabla 18. Huella hídrica del subsistema de postcosecha y fabricación de zumo para naranjas destinadas a zumo

	l agua/kg naranja		l agua/l zumo de naranja	
	Convencional	Ecológico	Convencional	Ecológico
AA postcosecha	35,97	35,97	170,82	82,95
AA zumo			15,56	15,56
Total			186,38	98,51

Las naranjas que pasan a la fase de postcosecha directamente utilizadas para zumo son 4,75 kg de naranjas convencionales o 2,31 kg de naranjas ecológicas. Como se observa en la tabla 18, la huella hídrica de la etapa de postcosecha para el procesado de un litro de zumo de naranja en el sistema de estudio es 170,82 litros de agua por litro de zumo para cultivo convencional, mientras que para cultivo ecológico es 82,95 l/l. En este caso el impacto es menor mediante naranjas ecológicas, ya que el rendimiento en zumo de la naranja ecológica es mayor (se utilizan aproximadamente la mitad de naranjas para la elaboración de un litro de zumo). En cuanto al agua azul para el tratamiento del zumo, no varía entre cultivo ecológico y convencional, ya que está característica no influye en el tratamiento del zumo (se trata igual el zumo proveniente de naranjas orgánicas que de naranjas convencionales). Por tanto la huella hídrica de la etapa de cultivo para el procesado de un litro de zumo de naranja en el sistema de estudio es 186,38 litros de agua por litro de zumo para cultivo convencional, mientras que para cultivo ecológico es 98,51 l/l. La huella hídrica también es menor en el caso del cultivo

convencional, ya que el rendimiento en zumo del cultivo ecológico es mayor, y por tanto se necesitará lavar menos naranjas para producir un litro de zumo.

Por último se calcula la huella hídrica total para producir un litro de zumo de naranja, teniendo en cuenta solo las naranjas que se utilizan directamente para obtener el zumo y se compara con los datos bibliográficos de la Water Footprint Network (2019) de manera global y para la Comunidad Valenciana (tabla 19). Siendo la huella hídrica total, la suma de las huellas hídricas de cada subsistema, es decir, el consumo de agua de cultivo destinado a las naranjas para zumo (tabla 16) y el consumo de agua en el subsistema de postcosecha de la naranja para zumo y en el tratamiento del zumo (tabla 18), tanto para cultivo convencional como ecológico.

Tabla 19. Comparación Huella hídrica del procesado de zumo de naranja con datos bibliográficos

Global (WATER FOOT PRINT, 2019)	C. Valenciana (WATER FOOT PRINT, 2019)	Convencional	Ecológico
1018	796	1212,35	1263,84

La huella hídrica global para el procesado del zumo de naranja es 1018 litros de agua por litro de zumo. Para la Comunidad Valenciana en concreto la huella hídrica es 796 l/l (WATER FOOT PRINT, 2019). Mientras que para el cultivo convencional la huella hídrica total es 1212,35 l/l y para el cultivo ecológico es 1263,84 l/l (tabla 19). Las huellas hídricas calculada para el cultivo convencional y cultivo ecológico son muy similares entre sí, esto es porque aunque el rendimiento en cultivo es mayor en la naranja convencional, se ve compensado por el mayor rendimiento en zumo de la naranja ecológica.

4. CONCLUSIONES

En primer lugar, viendo solo los resultados del inventario de agua, se puede concluir que uno de los procesos de uso más intensivo de agua de la fase de postcosecha es drenar. Esta etapa de desinfección inicial de la fruta es una de las que tiene mayor consumo de agua en el tratamiento de la fruta, seguida de la etapa de lavado.

En segundo lugar, la comparación de los datos calculados con los datos bibliográficos para el cálculo de la huella hídrica del cultivo de la naranja (agua azul, agua verde y agua gris), muestra que los datos coinciden con los de la Comunidad Valenciana y los globales, siendo son menores para el cultivo convencional ya que el rendimiento de este cultivo es mucho más elevado que el de la naranja ecológica.

Respecto al impacto producido, en particular, por la elaboración del zumo de naranja, el mayor impacto por consumo de agua se da en el subsistema de cultivo. Es en esta fase donde la huella hídrica es más elevada, seguida de la del tratamiento postcosecha y de la fase de fabricación de zumo. Ésta última produce un impacto menor en comparación con las otras etapas.

La huella hídrica total calculada para el procesado de un litro de zumo de naranja utilizando las naranjas que están destinadas directamente para zumo, tanto para cultivo convencional como ecológico, es más elevada que los datos bibliográficos dados, siendo mayor la huella hídrica del cultivo ecológico. En un principio se pensaba que debido al mayor rendimiento en zumo del cultivo ecológico, el impacto del proceso de fabricación de zumo de naranja con este cultivo sería menor, pero después de conocer la huella hídrica total tanto en cultivo convencional como ecológico, se ve que ambas huellas son similares. Esto se debe a que aunque el rendimiento en zumo es mayor para el cultivo ecológico, el rendimiento del cultivo en campo también es menor para este tipo. Por tanto con los mismos recursos se consigue menor cantidad de naranjas, aunque estas tengan mayor rendimiento en zumo.

En conclusión la huella hídrica para el zumo de naranja es prácticamente igual para cultivo ecológico que para cultivo convencional y la pequeña variación con respecto a los datos bibliográficos se puede justificar con el periodo y la zona en el que se han recabado los datos, los equipos utilizados.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Apuntes de la asignatura de Composición química de los alimentos. Segundo curso de Ciencia y Tecnología de los alimentos
- Apuntes de la asignatura de Nutrición humana. Segundo curso de Ciencia y Tecnología de los alimentos
- ALLEN, R.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). Crop evapotranspiration—Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Report 56. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (2007) Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje núm. 56
- BARBERÁ, J. M. (2002) Red a la demanda de distribución de agua para riego en la SAT San Isidro – La Torrera Cheste (Valencia)
- BERK, Z. (2009) Food process engineering and technology. Academic Press, Burlington
- BOE (2007) Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. BOE núm. 294 - Anexo I: Parámetros mínimos de autenticidad y calidad [consulta: 2019-07-07]
<https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/08/pdfs/A50632-50639.pdf>
- BOULAY, A. M.; BARE, J.; BENINI, L.; BERGER, M.; LATHUILLIÈRE, M. J.; MANZARDO, A.; MARGNI, M.; MOTOSHITA, M.; NÚÑEZ, M.; PASTOR, A. V.; RIDOUTT, B.; OKI, T.; WORBE, S.; PFISTER, S. (2018) The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE)
- BREF (2006) Integrated pollution prevention and control. Reference document on best available techniques in the food, drink and milk industries
- CAMACCCR (2018). Conselleria d'Agricultura, Medi Ambient, Canvi Climàtic i Desenvolupament Rural. Previsión de la cosecha de cítricos Comunidad Valenciana, Campaña 2018/2019 [consulta: 2019-05-17]
http://www.agroambient.gva.es/documents/162218839/163614536/Informe+Aforo18_19defv6.pdf/e1aab63e-502c-410f-baa1-6732a08a2055
- DIARIO OFICIAL DE LA UNIÓN EUROPEA (2011) Reglamento (UE) 543/2011 [consulta: 2019-07-01]
http://www.ailimpo.com/documentos/2.-Anexo_Normas_Comercializacion_Citricos_Reglamento_543-2011.pdf
- DINOX (2019) Lavadora de cajas [consulta: 2019-07-05]
<https://www.dinox.es/es/maquinas/tuneles-de-lavado/lavadoras-de-cajas-producciones-medianas/>

- DECCO (2019) Drencher de cadenas [consulta: 2019-07-05]
<https://www.deccoiberica.es/producto/drencher-de-cadenas-3/>
- CONESA, E. (2018) Línea de manipulación: lavado, tratamiento, selección, calibrado y envasado. Curso tecnología postcosecha de cítricos y otros cultivos alternativos en la comunidad valenciana. [consulta: 2019-07-01]
<https://www.bibliotecahorticultura.com/wp-content/uploads/2018/01/CONESA-ROCA-Ernesto.-Febrero-2018.-L%C3%ADnea-de-manipulaci%C3%B3n-lavado-tratamiento-selecci%C3%B3n-calibrado-y-ensado-1.Presentaci%C3%B3n-.pdf>
- El cultivo de la naranja [consulta: 2019-07-05] <http://www.infoagro.com/citricos/naranja.htm>
- FERRANDIS, L. (2016) Evaluación del impacto del uso del agua en el cultivo de arroz en Ross-Béthio (Senegal). Trabajo fin de máster.
- HARGREAVES, G. H.; SAMANI, Z. A., (1985). Reference Crop Evapotranspiration from Temperature. Engineering in Agriculture, 1(2): 96-99.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. (2011): The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK, 2011.
- ISO (2014). Organización Internacional de Normalización. Norma ISO 14046:2014. Gestión ambiental - Huella de agua - Principios, requisitos y directrices [consulta: 2019-06-01]
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14046:ed-1:v1:es>
- ISO (2006). Organización Internacional de Normalización. Norma ISO 14044:2006. Gestión ambiental - Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices [consulta: 2019-06-01]
<https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>
- IVIA (2019). Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias [consulta: 2019-05-17]
<http://gipcitricos.ivia.es/citricultura-valenciana>
- IVIA (2019). Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias - Riesgos Ivia. Datos meteorológicos [consulta: 2019-10-17] <http://riegos.ivia.es/datos-meteorologicos>
- MAPA (2019). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación [consulta: 2019-07-01]
https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/estrategia-mas-alimento-menos-desperdicio/Definiciones_cifras.aspx
- MOERMAN, F.; RIZOULIÈRES, P.; MAJOOR, F.A. (2014) Cleaning in place (CIP) in food processing.
- PFISTER S.; BAYER P. (2013) Monthly water stress: spatially and temporally explicit consumptive water footprint of global crop production. Journal of Cleaner Production, 73: 52-62

- RAIGÓN, M.D; DOMÍNGUEZ-GENTO, A.; TORTOSA, A.; CAROT-SIERRA, J. M. (2019). Comparación de rendimiento en zumo y contenido en vitamina c de diversas variedades de cítricos, cultivadas bajo sistemas ecológicos y convencionales. [consulta: 2019-06-02] <https://fci.uib.es/Servicios/libros/conferencias/seae/Comparacion-de-rendimiento-en-zumo-y-contenido-en.cid221919>
- RIBAL, J.; RAMÍREZ-SANZ C.; ESTRUCH, V.; CLEMENTE, G., M.; SANJUÁN, N. (2016) Organic versus conventional citrus. Impact assessment and variability analysis in the Comunitat Valenciana (Spain)
- RIBAL, J.; ESTRUCH, V.; CLEMENTE, G.; FENOLLOSA, M.; SANJUÁN, N. (2018). Assessing variability in carbon footprint throughout the food supply chain: a case study of Valencian oranges.
- SANJUÁN, N.; RIBAL, J.; CLEMENTE, G.; FENOLLOSA, M.L. (2011) Measuring and improving eco-efficiency using data envelopment analysis: a case study of Menorca cheese. J Ind Ecol 15:614–628
- SORIANO SOTO, M.D.; PONS MARTI, V.; GARCÍA-ESPAÑA SORIANO, L.; LLINARES PALACIOS, J. (2019) Comparación de los valores de evapotranspiración en la provincia de valencia utilizando diferentes modelos
- WALKER, C. (2015). Processed food energy use and the resulting life cycle assessment. Master Thesis.
- WALKER, C.; BERETTA, C.; SANJUÁN N.; HELLWEG S. (2017). Calculating the energy and water use in food processing and assessing the resulting impacts.
- WATER FOOTPRINT NETWORK (2019). [consulta: 2019-07-05] <https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>
- WATER FOOTPRINT NETWORK (2019). Manual de Evaluación. Manual para la evaluación de la huella hídrica [consulta: 2019-06-01] <https://waterfootprint.org/media/downloads/ManualEvaluacionHH.pdf>
- ZUMEX (2019) [consulta: 2019-07-07] <https://www.zumexfoodengineering.com/es/productos/extractor-de-jugos-industrial>

6. ANEXOS

Anexo I. Fichas técnicas (DECCO, 2019)

FICHA TÉCNICA DRENCHER DE CADENAS

Maquinaria para tratar fruta que llega del campo, tanto en cajas sobre pallets como en Palots. El sistema de tratamiento se hace a través de duchas de agua con productos adecuados a cada patología que se desea tratar.

Transportador de cadenas con movimiento continuo, de longitud variable que dispone de una cabina con duchas donde se trata la fruta y evitando salpicaduras al exterior. Este sistema permite colocar y duchar hasta 7 palets en el modelo estándar, siendo este número variable según longitud de las cadenas. Durante el recorrido después de las duchas los palets/palots permite el escurrido de estos. (Ampliable con transfer)



MATERIALES	
Chasis	Acero Inoxidable AISI 304
Cadenado	Acero Inoxidable AISI 304
Cascada	Acero Inoxidable AISI 304
Ejes	Acero Galvanizado
Cadenas	Acero Inoxidable AISI 304

DECCO IBÉRICA Post Cosecha S.A.U.

MEDIDAS (mm)

ANCHO	LONGITUD TOTAL	ALTURA TOTAL
2000	9.750	4.500
Altura estándar de entrada de palets: 1.100 mm		

CARACTERISTICAS

Balsa

Capacidad	1.000 litros de caldo
Sistema de desagües	Por válvula de bolas de 3" Por trampilla con fijación por tornillos

Sistema de duchado

Impulsión	2 Bombas de 4 CV, caudal máximo 50 m³/hora
Duchas	Catarata superior por rebosamiento + 2 boquillas laterales por lado
Sistema avance palet	2 Cadenas de pulgada doble , movidas por motorreductor eléctrico de 4CV

Sistema adaptado para el tratamiento de palets y palots

Cuadro Eléctrico

Variador electrónico de 4CV para regular la velocidad de avance de los palets	
Fotocélulas a la entrada y salida de palets que detienen automáticamente el movimiento de cadenas para permitir las operaciones de carga y descarga	
Micro de seguridad al final del Drencher para una doble protección al sistema de seguridad de las fotocélulas	
Temporizadores para regular el tiempo de espera antes de poner en movimiento las cadenas de arrastre después de una operación de carga y descarga de palets	
El cuadro eléctrico está preparado para su uso en combinación con el equipo DECCODAF®	
Alimentación eléctrica	230/400VAC, 50Hz, 3~, N, Tierra
Potencia (Consumo)	4kW

Seguridad

Dispone de 3 paradas de emergencia, una en el cuadro eléctrico y los restantes se sitúan a petición del cliente.

CAPACIDAD

Tiempos de duchado varían según necesidades del cliente
Ideal para almacenes con disponibilidad de más de una carretilla elevadora
Limitación de 7 palets/palots presentes en la línea
Opción de alargar la línea con la adición de transfer según requerimientos del consumidor

PLAZO DE ENTREGA

40 días desde fecha de pedido



La instalación del equipo no incluye lo siguiente:

- Transporte y/o posibles servicios externos para la ubicación definitiva del drencher (grúas)
- Acometidas de cableado eléctrico hasta el cuadro eléctrico del drencher
- Regulaciones en altura diferentes a las especificadas anteriormente
- Fontanería para alimentación de agua de llenado
- Fontanería para sistemas de desagües
- Bomba para vaciado de la balsa
- Sistema de reciclaje de caldos. Opciones Decco; SRC y Decanter Plus®

DECCO IBÉRICA Post Cosecha S.A.U.

Políg. Ind. Fuente del Jarro C/Villa de Madrid, 54 – 46988 Paterna (Valencia)
Tel. 96.134.40.11 – Fax 96.134.39.07