

Huella de agua: un punto de partida para plantear la reducción de agua en un Empaque de frutillas

Domínguez Lovaglio, Victoria*, Chauvet, Susana B.

*Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.
4000.victoria.dominguez.lovaglio@gmail.com.*

RESUMEN

La escasez de agua es un problema de gran importancia. El cálculo de la huella hídrica permite disponer de un estado de situación y así plantear alternativas para reducirla. Este trabajo tiene como objetivo estimar la huella hídrica del proceso de congelado de frutillas IQF (Individual Quick Freezing), teniendo en cuenta las etapas anteriores: multiplicación de plantines de frutillas en viveros, producción de fruta y procesamiento de congelado. Para este cálculo se utilizó datos de la campaña 2015, se consideró un vivero ubicado en Chubut y un productor de Tucumán. De esta forma se determinó el consumo de agua azul, verde y gris. Para las etapas de multiplicación de plantines y producción de fruta, el agua azul y verde se determinó como las necesidades hídricas según el rendimiento del cultivo. Se consideró la evapotranspiración de las frutillas basada en la precipitación efectiva de la zona. Para el cálculo de la huella gris se usó la fracción de lixiviación, la cantidad aplicada de productos químicos por hectárea y el rendimiento del cultivo. Los valores calculados se los refirió al periodo de producción. Para la etapa de congelado se tuvo en cuenta el agua consumida durante el lavado de fruta y la desinfección de los despalilladores, como agua azul. Una vez que la fruta se lava, el agua contiene restos orgánicos por lo se calculó el agua gris. No se consideró el agua verde en este caso. Se obtuvo una huella hídrica total con un aporte del 49,92%, 14,95% y 35,13% de agua azul, verde y gris respectivamente. En base a estos resultados, se propone reducir el consumo mediante la reutilización del agua de lavado de las frutillas. Otro punto a considerar, sería sustituir el riego por aspersión en el proceso de multiplicación de plantines por un sistema de riego por goteo.

Palabras Claves: Huella hídrica, agua azul, agua verde, agua gris, IQF.

ABSTRACT

Water scarcity is a problem of current importance. Calculating the water footprint can provide a status report and, thereby, propose alternatives to reduce it. The aim of this paper is to present an estimation of the water footprint in the freezing process of strawberries - IQF (Individual Quick Freezing) – considering its previous stages: multiplication of strawberry seedlings in nursery gardens, fruit production and freezing processing. In order to achieve this calculation, 2015 data was used. Additionally, a nursery located in Chubut and a Tucuman producer were considered, in order to determine the blue, green and gray water footprint consumption. For the stages of multiplication of strawberry seedlings in nursery gardens and fruit production, the blue and green water footprints were determined as the water needs according to crop yield. For its calculation, strawberry evapotranspiration based on the effective precipitation of the area of production was considered. So as to obtain the gray water footprint results, leaching fraction technique, the applied amount of chemicals per hectare and crop yield were used. The values obtained from the water footprint were referred to the production period. On the Freezing stage, the water consumed during the washing of the fruit and disinfection of the strippers was regarded as the blue water footprint. Once the fruit is washed, the residual water containing organic rests permitted to calculate the grey water footprint. In this case, the green water footprint was not considered. It was obtained a total water footprint with contributions of 49.92% of blue water footprint, 14.95% of green water footprint and 35.13% of grey water footprint. Based on the results obtained, it is proposed to reduce water consumption by reusing the water used to wash the strawberries. Another point to consider would be to replace sprinkler irrigation, utilized during the stage of multiplication of seedlings, by a drip irrigation system.

Key Words: Water footprint, blue water, green water, gray water, IQF.

1. INTRODUCCION

El agua es uno de los elementos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta. Es un elemento esencial para que tanto los vegetales, animales, seres humanos y todas las formas de vida conocidas puedan existir.

Para la mayoría de los fines humanos se necesita agua dulce. En el océano se dispone de agua salada, pero ocurre que no es útil para beber, ni lavar, cocinar, regar el campo o para la mayoría de las aplicaciones en la industria. El agua de los océanos puede ser desalada, pero es un proceso costoso y de alto consumo energético, factible en un número limitado de aplicaciones solamente. Además se tiene que tener en cuenta el tema del transporte del agua desde la zona costera hacia el interior del país, que es donde se producen las mayores necesidades de agua; lo cual supone un problema grande.

En resumen, los seres humanos dependen principalmente del agua dulce, proveniente de la superficie terrenal. Aunque el agua forma un ciclo, de modo que el agua dulce sobre la tierra se ve continuamente repuesta, su disponibilidad no es ilimitada. Todas las personas necesitan un cierto volumen de agua al año para distintos fines, que no puede exceder la tasa de reposición anual.

La escasez de agua es un problema de gran importancia en la actualidad. La respuesta a este problema, es la administración de los recursos hídricos. Por ello se deben analizar los usos y las demandas de agua, para poder establecer políticas que promuevan el uso sostenible de los recursos hídricos. La protección de las reservas acuíferas disponibles en el planeta es una acción que todos los países, gobiernos y comunidades deben procurar.

La idea de considerar el uso del agua a lo largo de la cadena de suministro surge con la incorporación del concepto de "Huella hídrica" [7], definido por Hoekstra (2009). La misma básicamente expresa la apropiación humana del agua dulce en términos de volumen [4]. Es una herramienta que permite conocer el consumo y la contaminación del agua aplicable a una persona, producto, país así como también puede conocerse la huella de una empresa, un negocio y un área geográficamente determinada.

La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que es palpable no sólo en el uso de agua directo de un consumidor o productor, sino también en su uso indirecto.

La huella hídrica puede ser considerada como un indicador global de apropiación de los recursos de agua dulce, por encima de la medida tradicional y restringida de la extracción de agua.

Para un producto, la huella hídrica es el volumen de agua utilizada para producir el producto, medidos a lo largo de la cadena de suministro. Es un indicador multidimensional, que muestra los volúmenes de consumo de agua por fuentes y volúmenes de contaminación por cada tipo de contaminación, y cuyos componentes de huella hídrica total pueden ser especificados geográfica y temporalmente [4].

Uno de los aspectos más relevantes de la huella hídrica [2], es que permite diferenciar el agua consumida según su procedencia, distinguiendo entre huella hidrológica azul y huella hidrológica verde [12]. Se denomina agua azul al volumen de agua dulce consumida de los ecosistemas hídricos del planeta (superficial y subterránea) para ser usada como agua de riego para el crecimiento del cultivo según lo expresa el Material didáctico sobre la huella hídrica (2012). Está formada por la evaporación, el agua incorporada al producto y el flujo de retorno perdido. Esta parte del agua es la que se ha querido modificar para ser aprovechada por medio de estructuras, fundamentalmente canales y presas.

El agua verde es la precipitación que llega al suelo y que no se pierde por escorrentía, almacenándose temporalmente en la parte superior del suelo o la vegetación. Se define como el volumen de agua de lluvia consumida durante el proceso de producción según lo definido por la Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (2012). Esta agua del suelo es la que permite la existencia de la vegetación natural, como ser bosques, praderas, matorral entre otros; así como de los cultivos de secano. Esta distinción es importante ya que poseen diferentes características en cuanto a coste de oportunidad e impacto hidrológico y medioambiental, como también son diferentes las políticas que administran y gestionen cada una de ellas.

Algunos autores han ampliado el concepto incluyendo una tercera forma en la utilización del agua. Este consiste en el uso de agua como resultado de la contaminación. La huella de agua gris debe cuantificarse mediante una estimación del volumen de agua necesario para diluir la contaminación proveniente de los procesos de producción de bienes y servicios, de modo que se cumplan las normas de calidad ambiental de agua [2 - 4].

Una de las principales razones para su cálculo, es que se ha identificado que en muchos países se ha superado con creces la propia capacidad de aporte hídrico. O sea, que se han detectado déficits a nivel de sostenibilidad en materia de la gestión del agua.

Los recursos hídricos se encuentran distribuidos de forma desigual a lo largo de todo el planeta. Aun así, los países desarrollados suelen tener una huella hídrica mucho mayor que los países en vía de desarrollo. Esto se debe a que en los primeros, es mayor el consumo de productos altamente demandantes de agua en sus procesos de producción que los segundos.

Realizar una evaluación de la huella hídrica, sirve para ver como las actividades humanas o de productos específicos afectan a las cuestiones de escases de agua y su contaminación, y ver como las actividades y los productos pueden ser más sostenibles desde la perspectiva del agua. La agricultura representa aproximadamente un 70% del consumo de agua dulce, principalmente para la irrigación de los cultivos agrícolas; además de que los sistemas de riego son muy ineficientes, en general el 55% del agua de riego nunca llega al cultivo según lo expresa el estudio "La problemática del agua en México y el Mundo".[6]

La producción de frutilla consta de dos partes: la multiplicación de plantines por estolones y la producción de fruta propiamente dicha. [10]

La multiplicación de plantines en Argentina se realiza en viveros ubicados en el sur. Es el lugar ideal en donde se le proporcionan las horas de frío necesarias para que las plantas logren su maduración. El clima debe caracterizarse por poseer una marcada diferencia de las estaciones, con inviernos definidos con bajas temperatura. Otro requisito climático es la baja humedad relativa con el objetivo de disminuir la incidencia de las enfermedades fungosas y facilitar el control sanitario. Los estolones echan raíces en el suelo, que a su vez crean plantas nuevas que crecen y producen más estolones. En esta etapa, el sistema de riego es por aspersión. Dependiendo de las condiciones climáticas, el cultivo necesita ser regado por lo menos 1 hora al día. Cada uno de los picos libera 60.000 litros por hora. Y cada hectárea de cultivo tiene 48 picos. Éste es el modo usual de multiplicación de cultivo y por su comportamiento diferenciado los cultivares se dividen por su respuesta al fotoperiodo en plantas de día corto que corresponde a los cultivares que tiene una producción estacional, y plantas de día neutro, que se caracterizan por un comportamiento de floración y fructificación distinto, ya que se prolonga a lo largo del año.

Para la producción propiamente dicha se prepara la tierra y luego se efectúa la plantación. Una vez que la fruta sale y alcanza el nivel de madurez se cosecha, siempre que las condiciones climáticas sean favorables. Durante esta etapa se utiliza un sistema de riego por goteo [9], en donde cada uno de los picos libera 30.000 litros. Se puede observar que con respecto al sistema de aspersión, éste es mucho más eficiente ya que la gota cae en el lugar que se desea.

Para la producción de la frutilla y el congelado de las mismas se considera un productor ubicado en Lules, Tucumán (Argentina).

Se continúa con el cálculo de la huella, siguiendo con el proceso de congelado de frutillas IQF, cuyas siglas significan Individual Quick Freezing, que quiere decir congelación individual rápida. Se trata de un método de refrigeración que busca la conservación de las propiedades organolépticas y las características nutritivas de los alimentos. Su diferencia con el congelamiento tradicional, radica en que dada la rapidez de congelación, los cristales de hielo son de pequeños tamaños.

El proceso de congelado de frutillas comienza a partir de la cosecha de las mismas. En la provincia de Tucumán, esta etapa se inicia en Julio.

A medida que la fruta se va cosechando, son enviadas a la planta en donde se reciben con toda la información pertinente. Se realiza el primer pesaje de la fruta.

Una vez recepcionados, se mantienen en cámaras de refrigeración.

El siguiente paso consiste en el despallado de las frutillas, donde se elimina el cáliz de la fruta por medio de elementos de acero inoxidable diseñados para este fin. Se debe realizar una minuciosa selección de la fruta en lo relativo a la calidad y sanidad dependiendo del tipo de producto a realizar y los requerimientos del cliente. Las frutillas despalladas, se van depositando en recipientes plástico, para ser pesadas nuevamente e ingresan a una zona limpia, ya que la fruta es lavada. Este proceso es realizado por una maquina triple lavado, donde se agrega cloro, cuya concentración es controlada.

La fruta ingresa a la maquina por medio de una conducto y por medio de un volcado desde la parte exterior de la zona limpia. Si la fruta llegara a tocar el suelo, deben ser eliminadas en los recipientes destinados para este fin.

Una vez lavada, la fruta debe ser procesada en un término no mayor a 2 horas.

Para controlar la presencia de metales, la fruta pasa por medio de una cinta de inspección, la cual posee un imán.

Una vez lavada e inspeccionada, la fruta es volcada a una cinta transportadora, desde la cual la fruta ingresa al túnel dinámico y la misma es sometida a una corriente continua de aire frío. Una vez congelada la fruta es transportada por otra cinta a la maquina tamañadora en donde se realiza el calibrado de la fruta.

El siguiente paso es el envasado de la fruta IQF en bolsas plásticas de color azul que se introducirán en una caja de cartón. Se procede al cerrado de las cajas con cinta adhesiva y por medio de obleas se identifica especificando tipo de producto, variedad, fecha de elaboración, entre otros.

Por último, las cajas ya tapadas pasan por un detector de metales y en caso de no sonar la alarma se palletiza la caja normalmente. Se mantienen en cámaras frigoríficas hasta su transporte. El transporte se realiza por medio de camiones térmicos, verificando su correcta limpieza.

Para el cálculo de la huella de agua de todas estas etapas se considera información de la campaña 2015.

2. MATERIALES Y METODOS

Para el cálculo de la huella hídrica total para la producción de frutilla se utilizó la ecuación (1), expresada en volumen por unidad de producto [4].

$$WF_{proc} = WF_{proc,verde} + WF_{proc,azul} + WF_{proc,gris} \quad (1)$$

Dónde:

WF_{proc} : Huella de agua del proceso

$WF_{proc, verde}$: Huella del agua verde del proceso.

$WF_{proc, azul}$: Huella del agua azul del proceso.

$WF_{proc, gris}$: Huella del agua gris del proceso.

Los componentes verde y azul de la huella hídrica se calcularon como el componente verde o azul en el uso de agua de los cultivos (CWU , m^3/ha) dividido por el rendimiento del cultivo (Y , ton/ha), según se expresa en (2) y (3) para el componente verde y azul respectivamente:

$$WF_{proc,verde} = CWU_{verde} / Y \quad (2)$$

$$WF_{proc,azul} = CWU_{azul} / Y \quad (3)$$

Dónde:

CWU : necesidades hídricas del cultivo en m^3/ha , satisfecha por agua verde y azul respectivamente.

Y : rendimiento del cultivo, expresado en ton/ha .

A su vez para el cálculo de las necesidades hídricas totales CWU , se hace uso de la ecuación (4):

$$ET_f \left(\frac{mm}{mes} \right) = ET_0 * K_c \quad (4)$$

Dónde:

ET_f : Evapotranspiración de la frutilla, en mm/mes

ET_0 : Evapotranspiración de referencia, en mm/mes .

K_c : Coeficiente del cultivo, en este caso de la frutilla.

Se conoce como ET la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación, y por otra parte, mediante transpiración del cultivo.

El coeficiente de un cultivo representa la disponibilidad del cultivo y el suelo para atender la demanda evaporativa de la atmosfera, dependiendo de la fase de desarrollo del cultivo y del agua disponible en el suelo.

Las necesidades hídricas totales quedan definidas por la siguiente ecuación (5):

$$CWU \left(\frac{m^3}{ha * mes} \right) = 10 * ET_f \quad (5)$$

El factor 10 convierte la profundidad del agua medida en mm a volúmenes de agua de superficie en m^3/ha [4].

A su vez, también se sabe que:

$$CWU = ET_g + ET_b \quad (6)$$

Dónde:

ET_g : Evapotranspiración del agua verde.

ET_b : Evapotranspiración del agua azul.

Por lo tanto, para el cálculo de CWU para el componente verde y para el componente azul, se tienen las igualdades (7) y (8) respectivamente [12].

$$CWU_{verde} = ET_g \quad (7)$$

$$CWU_{\text{azul}} = ET_b \quad (8)$$

La evapotranspiración del agua verde coincide con la precipitación efectiva en el caso de que esta cantidad no supere las necesidades hídricas de la frutilla. La precipitación efectiva es el agua procedente de la lluvia que realmente puede ser aprovechada por la planta. Por lo que la ecuación (9) se utilizó para el cálculo de ETg.

$$ET_g \left(\frac{m^3}{ha * mes} \right) = \min(CWU; P_{eff}) \quad (9)$$

Para poder obtener Peff, se utiliza alguna de las siguientes formulas (10) y (11), dependiendo del caso, propuestas por Brouwer (1986), en función de la precipitación mensual:

$$P_{eff} \left(\frac{mm}{mes} \right) = 0.8 * p - 25, \text{ si } p > 75 \text{ mm/mes} \quad (10)$$

$$P_{eff} \left(\frac{mm}{mes} \right) = 0.6 * p - 10, \text{ si } p < 75 \text{ mm/mes} \quad (11)$$

Por último, la precipitación efectiva se obtiene por la ecuación (12):

$$P_{eff} \left(\frac{m^3}{ha * mes} \right) = \max(0; 10 * p_{eff}) \quad (12)$$

Mientras que para el cálculo de ETb, se hace uso de la ecuación (13).

$$ET_b \left(\frac{m^3}{ha * mes} \right) = \max(0; CWU - P_{eff}) \quad (13)$$

Para el cálculo del último componente de la huella del agua, se utilizó la formula (14).

$$WF_{\text{proc,gris}} = \frac{\alpha * AR}{(C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}) * Y} \quad (14)$$

Dónde:

α : fracción de lixiviación y escorrentía.

AR: cantidad aplicada de productos químicos para el campo por hectárea, (kg/ha).

Cmax: Concentración máxima aceptable, en Kg/m³.

Cnat: Concentración natural para el componente considerado, en Kg/m³.

Y: rendimiento del cultivo, en ton/ha.

La huella del agua gris se refiere al volumen de agua que se requiere para asimilar los residuos, cuantificada en el volumen de agua necesaria para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua ambiental se mantenga por encima de lo acordado por las normas de calidad de agua [4]. En el caso de la frutilla, los residuos a tener en cuenta son los debido al uso de fertilizantes.

Por último, los valores finales obtenidos de la huella del agua verde, azul y gris, se los multiplica por los meses en que se llevó a cabo la producción, con el objeto de afectar el valor con el periodo estudiado. De esta forma se van a obtener valores expresados es m³/ton de frutillas.

Por último, para el cálculo de la huella de agua en el proceso de congelado de las frutillas se tienen en cuenta las etapas de lavado de las frutillas y la usada en el proceso de despalillado. Todo esto va a formar parte de la huella azul.

El componente gris de la huella de agua se calculó con la ecuación (15):

$$WF_{\text{proc,gris}} = \frac{L}{C_{\text{max}} - C_{\text{nat}}} \quad (15)$$

Dónde:

L: carga contaminante en Volumen/ tiempo.

Cmax: concentración máxima aceptable, en masa /volumen.

Cnat: concentración natural en el cuerpo de agua receptor, en masa/volumen.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

Para el cálculo de la huella hídrica de la producción de frutilla se consideró un vivero ubicado en El Maitén (Chubut), quienes proveen de plantines al productor estudiado que se encuentra en Lules, (Tucumán).

Para el estudio de la producción de la frutilla se la dividió la producción de frutillas, en la multiplicación de plantines [13], por estolones y la producción de fruta propiamente dicha. Esta última se inicia en febrero con la preparación de la tierra, la plantación comienza en abril y termina a principios de mayo. Mientras que la cosecha se extiende desde principios de julio hasta principios de diciembre.

Para el cálculo de la huella del agua en la producción de frutillas se consideró tanto la huella de agua azul, verde y gris. Se incluyó en el cálculo tanto la huella hídrica directa como la indirecta ya que se tomó en cuenta todos los ámbitos que se encuentran fuera del objeto de estudio.

Para considerar los procesos se utilizó la regla general de incluir en el cálculo de la huella hídrica todos los procesos dentro de un sistema de producción que contribuyan significativamente a la huella hídrica en general [4]. Basándose en esto, no se consideró el transporte de los plantines desde El Maitén hasta Lules.

Para el cálculo de la huella hídrica total para la producción de frutilla se utilizó la ecuación (1).

Para el cálculo de CWU se utilizó (3) y para la Evapotranspiración se tomó un valor para ET_0 para el departamento de Famailla al estar a 12 km de Lules y en la misma zona agroecológica de de 1348 mm/año, lo que equivale a 112.33 mm/mes [11].

Para determinar el valor de K_c en la ecuación (4), se utilizó los datos de la FAO en el estudio titulado "Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos" [1] presenta un conjunto de K_c para un gran número de cultivos. En la Tabla 1 se muestran los valores correspondientes al cultivo de frutilla:

Tabla 1 Valores del Coeficiente de la frutilla para sus distintas etapas de desarrollo.

Cultivo	K_c inicial	K_c medio	K_c final
Frutilla	0.4	0.85	0.75

En este estudio se dividió el K_c en 4 etapas, dependiendo del desarrollo del cultivo, como se muestra en la Figura 1:

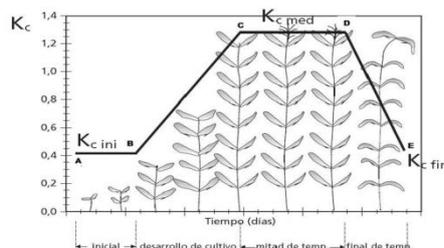


Figura 1 Etapas de desarrollo de un cultivo cualquiera.

La etapa inicial está comprendida entre la fecha de plantación y el momento en que el cultivo alcanza el 10% aproximadamente de cobertura del suelo. En la zona de estudio dicha etapa se desarrolla en Abril – Mayo. Durante este periodo la evapotranspiración ocurre principalmente como evaporación directa del suelo ya que el área foliar es pequeña.

La etapa de desarrollo tiene lugar desde el final de la etapa inicial hasta la cobertura efectiva completa. Dependerá en gran medida del fotoperiodo, la temperatura, plagas y enfermedades, humedad en suelo y aire. Por lo que para poder definir bien esta etapa se tuvo en cuenta los estados fenológicos del cultivo de la frutilla [8]:

Estado 1: Reposo Vegetativo (Vivero).

Estado 2: Iniciación de la actividad vegetativa. Aparecen los primeros brotes turgentes y hojas rudimentarias.

Estado 3: Botones Verdes. Se observan botones florales entre las hojas rudimentarias.

Estado 4: Botones Blancos. Los botones se ven perfectamente pero aún no han desplegado los pétalos.

Estado 5: Inicio de floración. Se observan entre 3 y 5 flores abiertas.

Estado 6: Plena floración. El 50% de las flores se encuentran abiertas.

Estado 7: Fin de floración. Se observa el cuajado de los frutos y la caída de los pétalos.

Estado 8: Fructificación. Los frutos verdes se observan perfectamente.

En la Tabla 2 se muestran estos estados de acuerdo al momento en que van sucediendo. A partir de esto, se va a establecer el valor de K_c para cada una de las etapas pertinentes.

Tabla 2 *Ciclo del cultivo de frutilla en Tucumán.*

Meses	Ciclos
Marzo	1
Abril	2-3
Mayo	4-5-6
Junio	6-7
Julio	8
Agosto	Se repiten varios ciclos 4-8
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

Se observa que el cultivo de frutilla se desarrolla hasta el mes de Julio, en el que empieza el estado de fructificación y se puede considerar que la planta presenta cobertura completa. En esta etapa el Kc aumenta a medida que se va incrementando el índice de área foliar, hasta alcanzar su valor máximo en la etapa de mediados de temporada. Entonces va a tomar valores entre el Kc inicial y el Kc medio.

La etapa de mediados de temporada comprende desde la cobertura efectiva hasta el comienzo de la madurez. Esta etapa se da en el mes de Agosto – Septiembre y dura hasta el final de campaña. En esta etapa el coeficiente del cultivo Kc alcanza su máximo valor.

No se presenta la etapa de finales de temporada, ya que el final de la campaña viene determinado por el precio de la fruta en los mercados y por lo general se da antes del decaimiento de la planta. Por lo tanto, los valores de Kc para los distintos meses se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 *Kc para el cultivo de Frutilla*

Mes	Kc
Mayo	0.4
Junio	0.45
Julio	0.45
Agosto	0.6
Septiembre	0.6
Octubre	0.85
Noviembre	0.85
Diciembre	0.85

Promediando los valores (tabla 3) para poder calcular la Evapotranspiración de la frutilla, se va a obtener un valor de Kc de 0.63125.

Para el cálculo de la Peff en la ecuación (11) se utiliza los datos de la Tabla 4 para Tucumán, y la Tabla 5 para el Maitén (Chubut). Se presentan a continuación:

Tabla 4 *Precipitaciones en Famailla (Tucumán). Datos utilizados en la ecuación (11).*

Mes	Precipitaciones (mm/mes)
Enero	373.7
Febrero	398.5
Marzo	346.6
Abril	28.2
Mayo	50.2
Junio	7
Julio	21.3
Agosto	80.9
Septiembre	17.6
Octubre	50.9
Noviembre	115.3
Diciembre	256.7

Fuente: INTA – EEA Famailla

Tabla 5 Precipitaciones en El Maitén (Chubut). Datos utilizados en la ecuación (11).

Mes	Precipitaciones (mm/mes)
Enero	0
Febrero	0.4
Marzo	2.6
Abril	41,6
Mayo	127.2
Junio	151.4
Julio	158.2
Agosto	117.4
Septiembre	18.4
Octubre	2.6
Noviembre	4.6
Diciembre	1.4

Fuente: INTA – EEA Esquel

En cuanto a la fertilización, es muy importante que se realice bien el ajuste, debido a que si se aplican dosis altas como bajas se presentan desventajas. En el primer caso se puede limitar el rendimiento del cultivo, mientras que en el segundo aumentan los costos de producción, o puede llegar a resultar toxico.

En el caso de las frutillas, los nutrientes que se aplican son N, P, K, Ca y Mg. Se recomiendan dosis no mayores a 155 Kg de N por ha [5]. Mientras que las dosis de los demás nutrientes se ajustan según el aporte del suelo y el agua de riego y van de 0 a 70 de P, 0 a 140 de K, 0 a 40 de Ca y 0 a 20 de Mg, en Kg/ha [3]. Para el cálculo de la huella gris (14), se va a considerar que se utiliza la mayor dosis permitida.

La concentración natural en un cuerpo de agua receptor es la concentración en el cuerpo de agua que se produciría si no hubiera perturbaciones humanas en la cuenca [4]. Para simplificar, se considera que la Cnat de los nutrientes en el agua receptora es igual a cero. Este dato se utilizó en la ecuación (14).

Las concentraciones máximas aceptables que se utilizan de los nutrientes, fueron proporcionadas por la Resolución 1.265/2003 de la Provincia de Tucumán. Para el N se utiliza una concentración de 0,075 Kg/m³, mientras que para el P es de 0.01 Kg/m³. El Ca y el Mg se encuentran relacionados con la dureza del agua, la cual se define como la suma de las concentraciones de ambos nutrientes. Según la Resolución nombrada, la dureza máxima es de 0,5 Kg/m³. A su vez, la concentración máxima del Cloruro es de 0,6 Kg/m³; se considera que la tercera parte de esa concentración es debido al Potasio, por lo que se utiliza una concentración máxima aceptable de 0,2 Kg/m³ para el K. Se debe tener en cuenta que los valores de las concentraciones máximas mencionadas, se deben a las permitidas cuando el agua tiene como finalidad el abastecimiento doméstico, urbano y potable, el cual no es nuestro caso. Por lo tanto se están considerando valores menores a los que corresponderían; esto es debido a la ausencia de valores establecidos para agua de riego.

En el caso de las fracciones de lixiviación y escorrentía de los nutrientes, no hay bases de datos disponibles, se tiene que trabajar con datos experimentales de estudios de campo y hacer suposiciones en bruto [4]. En el presente trabajo se supondrá una fracción de 0,3 para todos los nutrientes.

Los rendimientos de los plantines en los viveros en el año 2015 fueron de aproximadamente 35.000 plantines por hectárea. Mientras que el rendimiento de la frutilla, tuvo una variación que fue desde 35.000 a 45.000 kg por hectárea. Se consideró en este caso un rendimiento de 40.000 (datos proporcionados por el productor de Lules).

Por último, para el cálculo del agua utilizada en el proceso de congelado de frutillas se usó los datos proporcionados a continuación.

Durante la etapa de lavado de la fruta se utilizan aproximadamente 2000 litros en un turno de 10 horas. Y la fruta que se procesa en esas 10 horas va desde los 6000 Kg a los 10000 Kg. Se considera que, como promedio, se procesan 8000 Kg de frutillas por turno de 10 horas.

Para el lavado, el agua tiene una concentración de 15 ppm de cloro.

Otra etapa en el proceso de congelado de frutillas en donde se utiliza agua, es para la limpieza de los despalladores, los cuales deber ser sumergidos en baldes de agua clorada, de por lo menos 100 ppm. Para el cálculo de la huella, se considera 45 despalladores y cada despallador utiliza aproximadamente 2 litros de agua. Todo esto en un turno de 10 horas.

Una vez que la fruta se lava, el agua contiene restos orgánicos. De acuerdo con los análisis que realiza el productor a la salida del efluente, el agua presenta las siguientes concentraciones: DBO 39 mg O₂/L y un DQO 148 mg O₂/L.

Las concentraciones máximas aceptables fueron proporcionados por la Resolución 1265/2003 de la Provincia de Tucumán; son parámetros que deben cumplir todo tipo de efluentes. La concentración máxima de DBO es de 50 mg/L, la de DQO es de 250 mg/L, mientras que la concentración del cloro residual libre es de 0,5 mg/L.

Se considera un Cnat para todos los componentes del agua receptora igual a cero, igual que en el caso anterior.

Teniendo en cuenta todos estos datos, se obtuvieron los siguientes resultados. La WFazul fue de 106.112 m³/ton para la etapa de producción de frutas; mientras que en el caso de la multiplicación de plantines la WFazul es de 12,84 m³/ton; ambos resultados se obtuvieron a partir de la ecuación (3). La gran diferencia que existe se debe a que el periodo de producción del primero es mucho más largo que en el caso de los viveros. La WFazul en la etapa de congelado de frutillas que se obtuvo es de 0,26125 m³/ton.

Teniendo en cuenta el proceso global, se obtuvo valores de la Huella hídrica verde y azul de 35,7 m³/ton y 119,213 m³/ton respectivamente. Se observa que existe una gran diferencia entre ambos resultados, esto se debe en parte a que en El Maitén durante el período de multiplicación de plantines, las precipitaciones fueron escasas y se tuvo que cubrir la totalidad de las necesidades hídricas con riego. El aporte del congelado, a la huella azul es mucho más pequeño que los aportes que realizan las etapas de multiplicación y producción; esto es lógico debido a que durante el cultivo las necesidades de agua son muy superiores. En el congelado de la frutilla no se tiene huella verde.

Para el cálculo de la huella gris para la producción de la fruta, se utilizó la ecuación (14) obteniendo como resultado un total de 74,15 m³/ton.

Para el cálculo de la huella gris en el proceso de congelado se utilizó la ecuación (15), resultando un valor de 9,75 m³/ton. Dando un total para la huella gris de 83,9 m³/ton.

El valor de la huella hídrica total para las frutillas congeladas IQF, calculada con la ecuación (1) es de 238,813 m³/ton, donde el 49,92 % corresponde a la huella azul, el 14,95% a la huella verde y el 35,13% a la huella gris.

Un factor a tener en cuenta es que en estos valores, no se considera el agua utilizada para la preparación de la tierra, ni tampoco las pérdidas debido a la ineficiencia de los sistemas de riego. En promedio un 55% del agua de riego nunca llega al cultivo, de acuerdo con el trabajo "La problemática del agua en México y en el mundo".

Por otro lado, los valores de Kc utilizados provienen de realizados en otros lugares. Puede suceder que el desarrollo del ciclo del cultivo, el manejo, las variedades, condiciones climáticas, entre otras cosas, difieran considerablemente de las condiciones del cultivo en Tucumán, lo cual haría variar los valores del coeficiente del cultivo.

Tampoco se tuvo en cuenta el agua utilizada para la limpieza de la planta de congelado de frutilla.

4. CONCLUSION

La Huella Hídrica es una metodología utilizada para poder conocer el volumen de agua empleado y sus diferentes fuentes. A su vez, también es muy útil para poder generar un desarrollo sostenible y aumentar la eficiencia de las empresas basándose en el ahorro.

El valor obtenido para la producción de frutillas congeladas, tiene cierto grado de incertidumbre debido a las razones expuestas anteriormente. Para poder obtener un valor más exacto se tendrían que analizar y calcular cada uno de los factores involucrados para la zona de estudio, lo cual es un trabajo bastante arduo.

De acuerdo a los valores obtenidos, se observa que los porcentajes de la huella hídrica según los colores del agua varían según sea el caso. La huella hídrica azul es la que hace mayor aporte con un 49,92%. Siguiendo la huella hídrica gris, con un 35,13 % y por último la verde con un 14,95%. Estos porcentajes pueden ir variando en los diferentes años y lugares de acuerdo con las precipitaciones efectivas en la zona de producción. Es muy importante destacar esta diferencia debido a que existen distintas políticas de gestión del agua de acuerdo a su procedencia.

Se observa que el agua gris realiza un gran aporte a la huella hídrica total de la producción de frutilla. La razón se debe en parte a que los valores de concentraciones máximas utilizadas corresponden al agua potable y no al agua de Riego. Para este último caso las concentraciones de los nutrientes no se encuentran tabuladas pero se sabe que son mayores, por lo que la huella gris sería menor.

El problema que existe en la actualidad no es tanto la disponibilidad del agua, sino más bien la mala gestión de los recursos existentes. Es por esto que es muy importante que las empresas, sobre todo aquellas dedicadas a la producción agrícola, implementen un programa de gestión y ahorro de agua.

Por otro lado, todas las personas tenemos que tomar conciencia de los volúmenes de agua que se consumen para producir los alimentos y bienes que hoy en día estamos comiendo y utilizando.

Tenemos que saber que de acuerdo a nuestros hábitos alimenticios y consumismo, estamos influyendo significativamente en el consumo de agua.

Al tratarse de un producto agrícola que necesita del agua para poder desarrollarse, no existe mucho campo de acción en cuanto a tratar de ahorrar agua. Lo que se propone es realizar un cambio en el sistema de riego durante la etapa de multiplicación de plantines, de aspersión a riego por goteo, el cual al ser un sistema localizado se puede lograr un 50% de reducción de consumo energético y un 18% de disminución de consumo hídrico (Oficina del Regante de SARGA, 2013).

Otra propuesta es la reutilización del agua de lavado en el proceso de congelado de frutillas. La misma puede ser reutilizada como agua sanitaria en lugar de ser devuelta a las cloacas.

Las dos propuestas requieren de una gran inversión, pero pueden aportar mucho a la empresa en cuanto a imagen de la misma y aumentar de esta forma sus ingresos por ventas.

5. REFERENCIAS

- [1] Allen, R. G., L. S. Pereira, Raes, D., and M., Smith, *Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*, Estudio FAO, riego y drenaje, nº 56, Roma, 1998 & 2006.
- [2] Barranechea, M., Ada, *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua*.
- [3] Esmel, C.E., J. Duval and Sargent S., *The influence of calcium thiosulfate on yield and postharvest quality of "Sweet Charlie" strawberry*, 2004.
- [4] Hoekstra, A.Y., A.K. Chapagain, Aldaya, M.M. and M.M. Mekonnen, *Water Footprint Manual*, State of the Art 2009, 2009.
- [5] Kirschbaum, D.S., A.M. Borquez, Quipildor, S.L., M.Correa, Magen, H. and P. Imas, *Nitrogen requirements of drip irrigated strawberries grown in subtropical environments*, 2006.
- [6] La problemática del agua en México y el Mundo, http://www.uia.mx/web/files/la_problematika_del_agua%20.pdf.
- [7] Material didáctico sobre la huella hídrica, Documento elaborado para el Día Mundial del Agua 2012 por la Fundación Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua, 2012.
- [8] Morillo G., Jorge, *Hacia el riego de precisión en el cultivo de fresa en el entorno de Doñada*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Córdoba, España, 2015.
- [9] Oficina del Regante de SARGA, Riego por goteo en cultivos extensivos, eficiencia hídrica y energética, <http://www.ambientum.com/revista/2013/junio/Riego-por-goteo-en-cultivos-extensivos-Eficiencia-hidrica-y-energetica.asp>, 2013.
- [10] Peres, N.A., J.F. Price, Stall, W.M., C.K. Chandler, Olson, C.K., T.G. Taylor, Smith, S.A. and S.A. Simone, *Strawberry production in Florida*, 2010.
- [11] Portocarrero, Rocío A., *Interacción agua superficial - acuífero libre y el contenido de nutrientes en la cuenca del arroyo El Tejar, departamento Monteros, Provincia de Tucumán*, 2011.
- [12] Rodríguez Casado R., A. Garrido, Llamas M.R. and Varela Ortega, C., *La huella hidrológica de la agricultura española, Papeles del agua virtual*, Número 2, 2008.
- [13] Rodríguez, José P. y Norma R. Hompanera, *Manual de producción de semillas hortícolas, producción de plantines para la multiplicación de frutillas*, INTA EEA San Pedro.