

LECTURA OBLIGATORIA:
“Cálculo de la Huella Hídrica en
Proceso de Producción del Chip”.
Peña, M, Tume, P & Muñoz, E.
(2012)



DEPARTAMENTO DE
**INGENIERÍA
INDUSTRIAL**
UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE



**INDUSTRIA
VIRTUAL**

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/278964548>

CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL CHIP

Conference Paper · August 2012

CITATIONS

0

READS

2,687

3 authors, including:



Pedro Tume

Universidad Católica de la Santísima Concepción

54 PUBLICATIONS 716 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Enrique Muñoz

Universidad Católica de la Santísima Concepción

52 PUBLICATIONS 179 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



A Regional Scale Assessment of Hydrologic Alteration in South-Central Chile: Implications in River Functioning - HANSEL [View project](#)



FONDECYT 11121287 [View project](#)

**XXV CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA
SAN JOSÉ, COSTA RICA, 9 AL 12 DE SETIEMBRE DE 2012**

**CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA EN PROCESO
DE PRODUCCIÓN DEL CHIP**

Manuel Peña, Pedro Tume, Enrique Muñoz

Universidad Católica de la Santísima Concepción, Facultad de Ingeniería,

Alonso de Ribera 2850, Concepción Chile,

mpf.ing.civil@gmail.com, ptume@ucsc.cl, emunozo@ucsc.cl

RESUMEN:

Los problemas de escasez hídrica y la necesidad de mejorar la gestión en el aprovechamiento del recurso hídrico, han llevado a plantear la necesidad de estimación de la huella hídrica en todos los productos y servicios, incluyendo en este análisis la identificación de la huella hídrica a través de los denominados colores del agua, separados en: i) verde, ii) azul y iii) gris. A partir de lo anterior, y de la oportunidad entregada por la planta productora de chip FULGHUM FIBRES CHILE S.A. ubicada en la comuna de Coronel (Chile), se desarrolla el método planteado por Hoekstra (2003), que consiste en identificar y cuantificar los distintos colores del agua y estimar la huella hídrica de cada tonelada de chip producida por la planta. En base a dicho método, se logra estimar que la huella hídrica total del chip producido con eucaliptus Nitens es de 141 m³ por cada m³ de chip, mientras que el volumen de agua contenido en 1m³ de chip producido con eucaliptus Globulus es de 184 m³. Junto con esto se identifica que el agua que se necesita para producir el chip es inferior al requerimiento hídrico del cultivo. Así mismo, se logra determinar que la planta consume mensualmente 1962 m³ de agua en el proceso productivo. Tomando como punto de referencia los resultados obtenidos, se hacen recomendaciones enfocadas a la producción y a la gestión de la planta para reducir su huella hídrica.

ABSTRACT:

The problem of water scarcity and the necessity to improve management in the use of water resources have led to the need of estimate the water footprint on all products and services, including in this analysis the identification of the water footprint through the so-called water colors, separating green, blue and gray. From the above, and the opportunity provided by the chip manufacturing plant FULGHUM FIBRES CHILE SA located in Coronel (Chile), the method proposed by Hoekstra (2003) is developed. This method consists in to identify and quantify the different colors of water, and thereby estimate the water footprint for each ton of chips produced by the factory. Based on that, it was estimated that the total water footprint of the chip produced from eucalyptus Nitens is 141 m³ per m³ of chip, meanwhile the water contained in 1 m³ of chip produced with Eucalyptus globulus is 184 m³. In addition, the factory consumes a total of 1962 cubic meters of water monthly in the production process. Taking as reference the results obtained, recommendations are focused on production and management of the factory to reduce its water footprint.

PALABRAS CLAVES: huella hídrica; chip; Chile

INTRODUCCIÓN

Los problemas de escasez, y la necesidad de mejorar la gestión en el aprovechamiento del recurso hídrico, han llevado a plantear la determinación de la huella hídrica en todos los productos y servicios. Incluyendo en este análisis la identificación de la huella hídrica a través de los denominados colores del agua, separados en verde, azul y gris.

Es reconocido por especialistas en temas ambientales y recursos naturales que los conflictos hídricos están provocados por la mala, y a veces nula gestión hacia el aprovechamiento de estos recursos. Las industrias en la última década enfocan sus energías en reducir su huella de carbono, pero en sus procesos productivos han descuidado el impacto que provoca la mala gestión en el uso de agua. Por lo que es importante crear conciencia y establecer parámetros en el contenido de la huella hídrica de cada uno de los productos agrícolas, como en los bienes y servicios producidos para el desarrollo diario de la vida humana. Estudiar la huella hídrica en el proceso de producción de un producto, genera la posibilidad de, no sólo tener valores del contenido de agua virtual, sino también de generar una conciencia que permita mejorar a nivel de políticas públicas y privadas el mejor aprovechamiento del agua como recurso.

OBJETIVO

El objetivo del presente artículo es calcular la huella hídrica del proceso productivo en la fabricación de chip, en la empresa FULGHUM FIBRES CHILE S.A. Planta Coronel. Estos desarrollados a través de los siguientes pasos:

- Estimar la huella hídrica verde del cultivo del eucaliptus como materia prima de chip.
- Evaluar la huella hídrica azul involucrada en el proceso de producción del chip.
- Evaluar la huella hídrica gris involucrada en el proceso de producción de chip.
- Identificar todos los procesos en los que pueda optimizarse el uso del recurso hídrico.
- Estimar la cantidad de agua virtual por tonelada de chip exportada.

MATERIALES Y METODOS

El concepto de la huella hídrica introducido por Hoekstra (2003) ha producido un gran interés en algunos sectores industriales en medir la huella hídrica de sus diferentes productos. Con excepción de fundación Chile, en nuestro país no existe aún conocimiento acabado hacia este concepto, y menos aún especialistas que se interesen en generar estudios de la huella hídrica. Además, es muy difícil que las industrias autoricen a expertos que se involucren en su línea de producción a realizar estudios para generar una optimización de sus recursos hídricos, debido a que no poseen una conciencia hídrica, además, a que la mayor parte utiliza indiscriminadamente el agua, y a que no existe legislación que regule su uso.

La huella hídrica está compuesta por:

Huella hídrica verde, que se refiere a las precipitaciones que no escurren o recargan las aguas subterráneas, pero se almacena en el suelo o permanece temporalmente en primer plano del suelo o la vegetación. Posteriormente, esta parte de la precipitación se evapora o transpira a través de plantas (en este caso particular es el agua que se utiliza para el crecimiento vegetativo)

Huella hídrica azul, es un indicador de uso consuntivo, (consuntivo es el uso del agua que no se devuelve en forma inmediata al ciclo del agua), y está referido a uno de los cuatro casos siguientes:

- El agua se evapora;
- El agua se incorpora en el producto;
- El agua no vuelve a la misma zona de influencia, por ejemplo, es devuelto a otra zona de captación o el mar;
- El agua no vuelve en el mismo período, por ejemplo, si se retira en un periodo escaso y devuelto en un período húmedo.

En el caso del proceso de producción del chip solo se emplea este tipo de agua

Huella hídrica gris de un proceso productivo es un indicador del grado de contaminación del agua dulce asociada a este proceso. Se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de los contaminantes sobre la base de las normas ambientales locales de calidad del agua.

En la producción del chip no se emplea ningún agente químico que requiera volumen de agua para asimilación de los contaminantes.

Como el proceso genera un sólo producto de salida, se utilizó el enfoque de aproximación mediante sumatoria de cadenas. Este enfoque es válido en el caso de que un sistema de producción de origen a un sólo producto de salida, en este caso, la huella hídrica que está asociada a cada etapa del sistema es completamente atribuida al producto final.

Así, la huella hídrica de un producto p (volumen/masa) es igual a la suma de las huellas de agua del proceso, dividido por la cantidad de producción del producto p (ver Ec.1)

$$WF_{\text{prod}}[p] = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{\text{proc}}[s]}{P[p]} \quad [1]$$

Donde $WF_{\text{prod}}[p]$ es la huella hídrica del proceso de paso s (volumen/ tiempo), y $P[p]$ es la cantidad de producción de producto p (masa/tiempo). Los sistemas simples de producción con un producto de salida sólo rara vez existen, pues, es necesaria una manera más genérica de contabilidad, que pueda distribuir el agua a través de sistema de producción a la salida de varios productos que se derivan de ese sistema sin doble contabilidad.

Para la estimación del requerimiento hídrico del cultivo de dos tipos de eucaliptus es utilizada la metodología presentada por Rodríguez et al. (2008), utilizando los datos meteorológicos de la estación Bulnes, región del Bío-bío. Todos los cálculos fueron desarrollados con el software proporcionado por la FAO, CROPWAT en su versión 8.0 (FAO, 2009), este proporciona buenos resultados en los cálculos de la precipitación efectiva y en la evapotranspiración del cultivo de referencia. Además, es importante mencionar que permite generar estimaciones para los datos que no están disponibles, así como salidas gráficas que permiten visualizar el comportamiento de los datos. Todos los cálculos aquí desarrollados están basados en la guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos presentada por Allen et al. (1998).

La precipitación efectiva es el agua procedente de la lluvia que realmente puede ser aprovechada por la planta. Técnicamente y desde la perspectiva agronómica, la precipitación efectiva es la proporción de lluvia que sirve para satisfacer las necesidades de consumo de un cultivo. Para la estimación de esta se usa el método Curva Número desarrollada por *U. S. Soil Conservation Service*, y ajustada a nivel local por DGA (1995) (ver Ec.2 y 3).

$$P_{\text{eff}}(\text{mm/mes}) = p \times (125 - 0.2 * p)/125 \quad \text{si } p \leq 250 \text{ mm/mes} \quad [2]$$

$$P_{\text{eff}}(\text{mm/mes}) = 125 + 0.1 \times p \quad \text{si } p > 250 \text{ mm/mes} \quad [3]$$

La Figura 1 muestra un resumen de la metodología de cálculo de la huella hídrica azul (V_b) y verde (V_g), donde, para el cálculo de la V_g , se consideraron 14 y 12 años de cultivo de los eucaliptus *Nitens* y *Globulus* respectivamente. Luego, la Figura 2 presenta un resumen del sistema de producción y cultivo del eucaliptus.

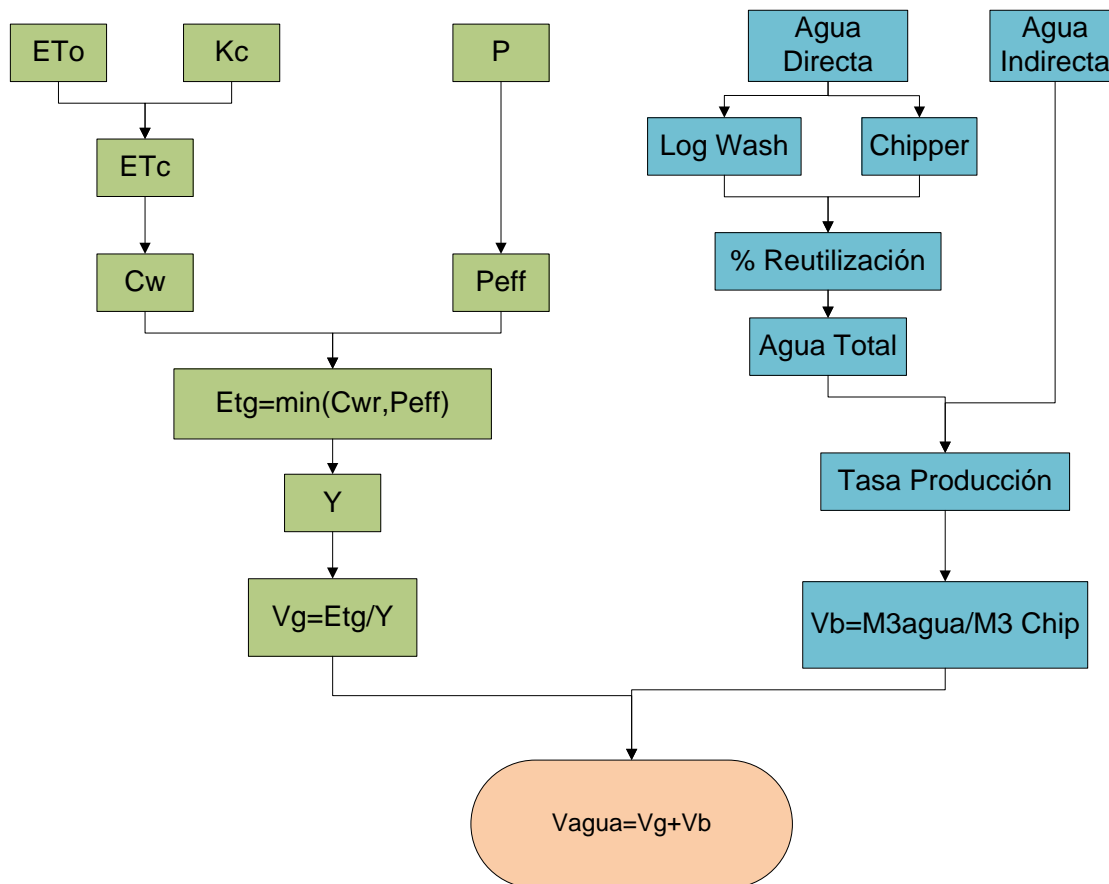


Figura 1.- Esquema del procedimiento de cálculo de la huella hídrica azul y verde contenida en el Chip.

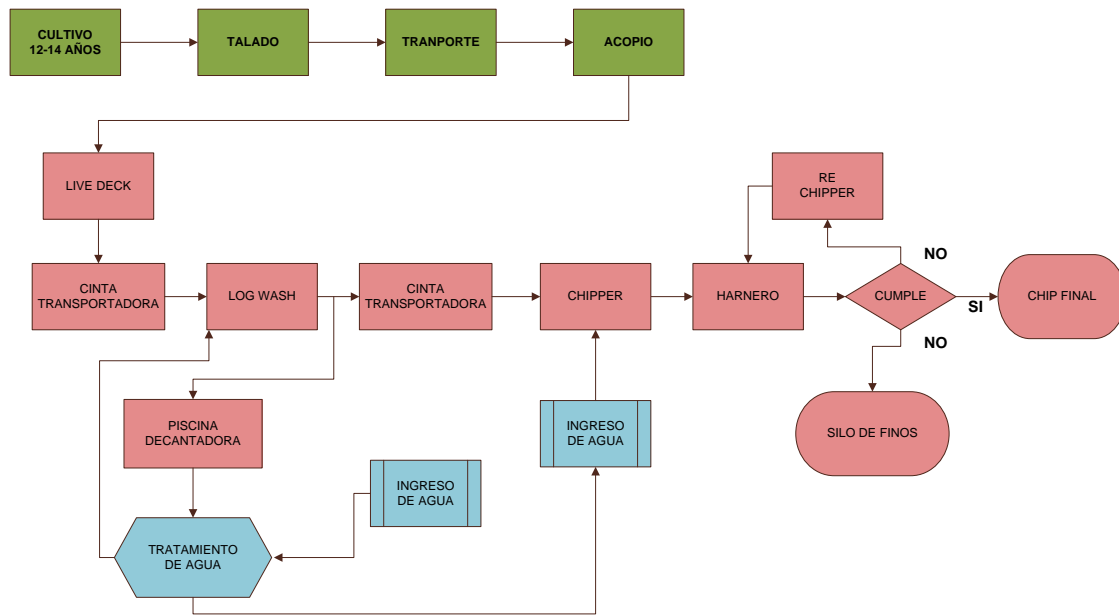


Figura 2.- Esquema de cultivo y producción del eucaliptus Nitens y Globulus.

RESULTADOS

Aplicando esta metodología, el volumen de agua estimado para la huella hídrica verde es el siguiente:

Eucaliptus Nitens $V_{proc}=140 \text{ m}^3 \text{ agua/m}^3 \text{ chip}$

Eucaliptus Globulus $V_{proc}=184 \text{ m}^3 \text{ agua/m}^3 \text{ chip}$

La huella hídrica azul se estimó en $0.053 \text{ m}^3 \text{ agua/m}^3 \text{ chip}$.

Debido a la reutilización del agua utilizada en el proceso y el no uso de agentes químicos que requieran volumen de agua para asimilación de contaminantes la huella hídrica gris se considera cercana a cero.

CONCLUSIONES

En relación a los resultados obtenidos puede apreciarse que la cantidad de huella hídrica verde es altísima en comparación con la huella hídrica azul y gris, esto debido a que para que el árbol esté listo para ser empleado como materia prima debe tener una madurez de 12 y 14 años, para el eucaliptus nitens y globulus respectivamente, y este periodo debe ser considerado en la contabilidad de huella hídrica. Además se comprueba que el agua consumida en el proceso productivo es mucho menor que el agua que consume el cultivo durante su crecimiento para ser empleado como materia prima en la producción del chip. Como se puede observar, el volumen de agua virtual contenido en cada metro cúbico de chip es 140 m^3 de agua por cada m^3 de chip para eucaliptus Nitens, y 184 m^3 de agua por cada m^3 de chip para eucaliptus Globulus. Además, se logra determinar que la planta consume mensualmente 1962 m^3 de agua en el proceso productivo del producto en estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, y M. Smith** (1998). “Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements”, *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*, Food and Agriculture Organization.
- DGA** (1995). “Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos en cuencas sin información pluviométrica”. *Dirección General de Aguas*, Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile.
- FAO** (2009). “CROPWAT 8.0 model”, *Food and Agriculture Organization*, Rome, Italy,
- Hoekstra, A.Y.** (2003). “Virtual water trade”, *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*, Delft, The Netherlands.
- Rodríguez, R., A. Casado, M. Garrido, R. Llamas y C. Varela-Ortega** (2008). “Huella Hidrológica de la agricultura española” *Papeles de Agua Virtual*, No 2, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN 978-84-96655-25-6, 38 pp.
- Arjen Y. Hoekstra, Ashok K. Chapagain, Maite M. Aldaya y Mesfin M. Mekonnen** (2009). *Water Footprint Manual*.
- Llamas, M. R.** (2005). *Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos*. Discurso Inaugural del Curso 2005/2006. Real Academia de Ciencias Exactas, Madrid, España, 30 p.
- Richard G. Allen, Luis S. Pereira, Dirk Raes y Martin Smith** (2006). *Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*