Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

ISSN 0717-4810

SERIE ACTAS INIA - Nº 50

Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

ISSN 0717-4810

SERIE ACTAS INIA - Nº 50

Autores:

- Abelardo Villavicencio Poblete, Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
- Francisco Tapia Contreras, Ingeniero Agrónomo, M.Sc.
- Alfonso Osorio Ulloa, Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
- Gabriel Sellés van Schouwen, Ingeniero Agrónomo, Dr.
- Raúl Ferreyra Espada, Ingeniero Agrónomo, M.Sc
- Alejandro Antúnez Barría, Ingeniero Agrónomo, Ph D.
- Sofía Felmer Echeverría, Ingeniero Agrónomo.
- Hamil Uribe Cifuentes, Ingeniero Civil Agrícola, Dr.
- Francisco Salazar Sperberg, Ingeniero Agrónomo, Ph.D.
- Hernán Elizalde Valenzuela, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- Josué Martínez-Lagos, Ingeniero Ambiental, M.Sc.
- Rodolfo Poblete Toro, Ingeniero Agrónomo (e).
- Alexis Pérez Ríos, Ingeniero Agrónomo.
- Paula Riquelme Salinas, Ingeniero Agrónomo.
- Felipe Riquelme Merino, Ingeniero Civil Agrícola.
- Cristobal Campos Muñoz, Ingeniero Civil Agrícola (e).

Comité Editor:

- Carlos Ovalle, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- Andrés Zurita, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- David Carré T, Ingeniero en Alimentos.
- Fernando Ortega, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- Christian Hepp, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- Manuel Pinto, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
- Adrián Catrileo, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.

Editor: Alfonso Osorio Ulloa
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
Centro Regional de Investigaciones Intihuasi.

Serie Acta N° 50 editada por el Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura de Chile, como parte del proyecto: "Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos".

Cita bibliográfica correcta:
Osorio U., Alfonso (ed). 2013. Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. 211 p. Serie Actas N° 50. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.

© 2013, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA,
Colina San Joaquín S/N, La Serena, Teléfono (56-51) 223290.

ISSN: 0717-4810

Autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y autores.

Diseño y diagramación: Miradatres Ltda.
Impresión: Editorial del Norte
Cantidad de ejemplares: 1.000

La Serena, Chile, 2013.

PRESENTACIÓN **9**

INTRODUCCIÓN **11**

CAPITULO 1 LA HUELLA HÍDRICA **15**
1. Huella azul (HA). 17
2. Huella verde (HV). 18
3. Huella gris (HG). 18

CAPÍTULO 2 CÁLCULO DE LA HUELLA HÍDRICA **19**
1. Huella hídrica referencial 21
1.1. Cálculo huella hídrica referencial. 21
1.1.1. Huella Azul. 22
1.1.2. Huella Verde. 22
1.1.3. Huella Gris. 22
1.1.4. Huella Total. 23
1.2. Huella hídrica real. 23
1.2.1. Encuestas. 23
1.2.2. Elaboración de protocolo de procedimientos y de determinación de la huella hídrica. 23
1.2.3. Aplicación de las encuestas. 23
1.2.4. Procesamiento de los datos. 23
1.2.5. Cálculo huella hídrica real (por cultivo). 23
a. Huella azul real. 24
b. Huella verde real. 24
c. Huella gris real. 24
d. Huella total. 24
1.3. Calculo de Huella Hídrica para sistemas ganaderos. 25

CAPITULO 3 HUELLA HÍDRICA EN UVA DE MESA **27**
1. Huella hídrica referencial. 31
2. Huella hídrica real. 32
2.1. Variedad Thompson Seedless. 32
2.2. Vid de mesa variedad Red Globe. 33
3. Conclusiones 35

CAPITULO 4 HUELLA HÍDRICA EN UVA PISQUERA **37**
1. Huella hídrica referencial. 41
1.1. Validación de variables de la huella hídrica 44
1.1.1. Evapotranspiración de referencia 44
1.1.2. Precipitación. 45
1.1.3. Pérdida de Nitrógeno en el suelo. 47
1.2. Resultados de huella hídrica referencial 48
2. Huella hídrica real. 51
2.1. Uva pisquera variedad "Moscatel Rosada". 51
2.2. Uva pisquera variedad "Pedro Jiménez". 52
2.3. Uva pisquera variedad "Moscatel de Austria". 53
2.4. Uva pisquera variedad "Moscatel de Alejandría". 54
3. Conclusiones. 54

CAPITULO 5 HUELLA HÍDRICA EN PALTA **57**
1. Huella hídrica referencial. 59

2. Huella hídrica real. 61
3. Conclusiones. 62

CAPITULO 6 HUELLA HÍDRICA EN OLIVA **63**
1. Huella hídrica referencial. 67
2. Huella hídrica real. 67
2.1. Olivo variedad "Sevillano". 67
2.2. Olivo variedad "Arbequina". 68
3. Conclusiones. 70

CAPITULO 7 HUELLA HÍDRICA EN CITRICOS **71**
1. Huella hídrica referencial. 75
2. Huella hídrica real. 76
2.1. Limón. 76
2.2. Mandarina. 77
2.3. Naranja. 77
3. Conclusiones. 79

CAPITULO 8 HUELLA HÍDRICA EN CEREZOS **81**
1. Huella hídrica referencial. 84
2. Huella hídrica real. 84
3. Conclusiones. 86

CAPITULO 9 HUELLA HÍDRICA EN TOMATE FRESCO **87**
1. Huella hídrica referencial. 90
2. Huella hídrica real. 91
3. Conclusiones. 92

CAPITULO 10 HUELLA HÍDRICA EN TOMATE INDUSTRIAL **93**
1. Huella hídrica referencial. 96
2. Huella hídrica real. 96
3. Conclusiones. 97

CAPITULO 11 HUELLA HÍDRICA EN REMOLACHA **99**
1. Huella hídrica referencial. 102
2. Huella hídrica real. 104
3. Conclusiones. 105

CAPITULO 12 HUELLA HÍDRICA EN CIRUELA **107**
1. Huella hídrica referencial. 110
2. Huella hídrica real. 110
3. Conclusiones. 112

CAPITULO 13 HUELLA HÍDRICA EN MANZANA **113**
1. Huella hídrica referencial. 116
2. Huella hídrica real. 117
2.1. Manzana roja. 117
2.2. Manzana verde. 117
3. Conclusiones. 119

CAPITULO 14 HUELLA HÍDRICA EN KIWI **121**
1. Huella hídrica referencial. 124
2. Huella hídrica real. 124
3. Conclusiones. 126

CAPITULO 15 HUELLA HÍDRICA EN DURAZNO CONSERVERO **127**
1. Huella hídrica referencial. 129
2. Huella hídrica real. 130
3. Conclusiones. 131

CAPITULO 16 HUELLA HÍDRICA EN ARÁNDANO **133**
1. Huella hídrica referencial. 136
2. Conclusiones. 139

CAPITULO 17 HUELLA HÍDRICA EN ARROZ **141**
1. Huella hídrica referencial. 144
2. Conclusiones. 146

CAPITULO 18 HUELLA HÍDRICA EN MAÍZ **147**
1. Huella hídrica referencial. 149
2. Huella hídrica real. 150
2.1. Maíz de Grano 150
2.2. Maíz Dulce 151
3. Conclusiones. 153

CAPITULO 19HUELLA HÍDRICA EN LECHE Y CARNE BOVINA **155**
1. Huella hídrica referencial. 158
2. Huella hídrica real. 160
3. Conclusiones. 164

CAPITULO 20 HUELLA HÍDRICA EN CARNE OVINA **165**
1. Huella hídrica del cordero de Patagonia Occidental 167
2. Conclusiones. 170

CAPITULO 21 ESTRATEGIAS DE MANEJOS DE LOS RECURSOS HIDRICOS **171**
1. Estrategías para productos agrícolas 174
2. Estrategias para productos pecuarios 177
3. Estrategias generales 178

CAPITULO 22 CALCULADORA DE LA HUELLA DEL AGUA **179**

CONCLUSIONES **187**

BIBLIOGRAFÍA **191**

INDICE DE ANEXOS (Mapas de huella hídrica referencial) **197**

Presentación

Los recursos hídricos del país deben responder a múltiples demandas: agua potable, producción de alimentos, energía, bienes industriales y al mantenimiento de los ecosistemas naturales. En Chile el principal uso consuntivo del agua es el riego, el cual representa el 73% de las extracciones a nivel nacional, utilizado para regar 1,1 millones de hectáreas que se localizan casi completamente entre las regiones IV a X (INE, 2007).

Múltiples desafíos afectan la disponibilidad de los recursos hídricos del país, siendo uno de los más relevantes para la agricultura la ocurrencia de sequías que tienden a hacerse crónicas, especialmente en las zonas norte y central de Chile. Las sequías no tienen ciclos bien definidos (Santibáñez y Uribe, 1999) sin embargo, los efectos del cambio climático global son ya evidentes en Chile y se manifiestan principalmente por el aumento en las temperaturas y una disminución en las precipitaciones. Según los cambios esperados en los patrones de temperatura, se estiman aumentos entre 1º y 3° C en escenarios moderados y entre 2º y 4º C en el escenario severo, a fines de siglo. La disponibilidad de los recursos hídricos está ligada de manera directa a los efectos del cambio climático global, de modo que estos reducirán en el área andina la capacidad para almacenar nieve. En consecuencia se pronostican impactos importantes en los caudales de los ríos de la zona central y un aumento en el número de meses con déficit hídrico (Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático en Chile, 2011).

Frente a estos escenarios adversos del presente y del futuro, es urgente preparar a la agricultura nacional con medidas de adaptación tendientes a una racionalización de los usos del agua. Otros elementos como la pérdida de calidad por contaminación, la escasez y la mala distribución ponen de relieve la urgencia de lograr una mayor eficiencia en el uso de este valioso recurso; tendiendo a que cada litro de agua rinda más. Tal posibilidad es planteada en este estudio, sobre huella hídrica de productos agrícolas y pecuarios, en la medida que se implementen una serie de de estrategias mencionadas en él.

En efecto, el estudio de la huella hídrica, es un indicador novedoso para los principales productos agropecuarios del país, que nos entrega el equipo de investigadores de INIA liderados por Alfonso Osorio Ulloa y constituye una excelente fuente de información y una valiosa herramienta para los agricultores, especialistas y legisladores; permitiendo dar mayor precisión y focalización a las políticas e incentivos para una mejor administración del agua, y es considerada por los autores como una herramienta técnica fundamental e indispensables para el mejoramiento de la agricultura.

Carlos Francisco Ovalle Molina
Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Coordinador del Programa Nacional de Sostenibilidad y Medio Ambiente
Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA

Introducción

Alfonso Osorio Ulloa

Introducción

El agua constituye el elemento articulador de los sistemas de vida del planeta. Es un recurso natural, único, finito e indispensable para todo organismo viviente y para gran parte de las actividades económicas y productivas del hombre. A pesar de su aparente abundancia, reflejada en que más de dos tercios de la superficie terrestre están cubiertos por agua, solo un 0,74% del agua es dulce y se encuentra en lagos, ríos, pantanos, depósitos subterráneos, la atmósfera y los sistemas biológicos. Según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para un uso humano directo sólo se puede tener acceso aproximadamente al 0,007% del total de los recursos hídricos de la Tierra.

En la actualidad la población mundial presenta una alta tasa de crecimiento y junto a ello las expectativas de vida son mayores a las experimentadas en la década de los 60, lo que ha llevado al aumento de la producción de alimentos para satisfacer la demanda nutricional de la población.

Las necesidades tanto por recursos alimenticios como por bienes y servicios se han incrementado en forma paralela, donde el insumo principal de ellos es el agua, ya que además se ser parte importante en la estructura de la vida, participa en todos los procesos productivos, aumentando su demanda por los diferentes sectores, y como su disponibilidad es limitada, cada día se hace un bien más escaso. Esto obliga a optimizar su uso, sobre todo en el sector agrícola, que junto con la minería son las actividades productivas más demandantes del recurso.

Según el último Balance Hídrico de Chile, realizado por la Dirección General de Aguas, (DGA, en 1987) el caudal medio anual de los ríos de Chile es de 928 Km³ /año, representando el 2,1% del caudal mundial, y el 7,9% del total de América del Sur. Por su parte, el Informe País "Estado del Medio Ambiente 2002", editado por la Universidad de Chile, evaluó que la disponibilidad de agua promedio del país al año 1992 alcanzaba a 5.475 m³/año por habitante; inferior al valor medio de disponibilidad de agua apta para el consumo humano en el planeta que es de 9.500 m³/año por habitante, lo que muestra la condición crítica de disponibilidad hídrica de Chile. Sin embargo, al incluir los glaciares del Sur de Chile, esta disponibilidad aumentaría a unos 70.000 m³/año por habitante, pero esta disponibilidad es solo a nivel de reservas actualmente no disponibles.

Entre las regiones Arica y Parinacota y Metropolitana, la disponibilidad natural de agua promedio es inferior a 1.000 m³/año por habitante, alcanzando en algunos sectores los 500 m³/año por habitante, umbrales considerados internacionalmente como altamente restrictivos (DGA, 1999). Lo anterior toma mayor importancia al considerar que en esta zona habita el 51,9% de la población de Chile (Censo 2002) y en ella se desarrollan las actividades económicas más importantes del país y más demandantes de agua: la minería, la agricultura, la industria y el consumo de agua potable.

La relación demanda/disponibilidad es sustancialmente más favorable entre las regiones de O'Higgins y La Araucanía, y desde la Región de los Ríos al sur la disponibilidad del agua supera ampliamente las demandas (DGA, 1999).

Debido a la escasez del recurso y la degradación de su calidad por fenómenos de contaminación de los recursos hídricos, Hoekstra (Profesor de la Universidad de Twente, Holanda), concluyó que era necesario conocer cómo afectan a los recursos hídricos las actividades humanas en los procesos productivos y en las cadenas de distribución, creando el concepto de huella hídrica. La huella hídrica se define como un indicador de uso de agua dulce que no solo considera el uso del agua directa de un consumidor o productor, sino también en el uso del agua indirecta (Hoekstra et al., 2009). Se puede calcular la huella

hídrica de procesos, servicios, productos, hasta de países. En este documento se incluirá solo el cálculo de la huella hídrica de un producto.

En Chile existe una superficie cultivada, de 1.206.844 ha, correspondiendo a 5 macro rubros compuestos por cultivos anuales, frutales, hortalizas, vides (ODEPA, 2012). Dentro de estos rubros destacan la producción de uva de mesa, cítricos (limón, naranja y mandarina), palta, cerezas, olivas, uva pisquera, tomate y remolacha, ya sea tanto por la superficie plantada como por su importancia económica.

Tomando como base lo anterior y viendo la relevancia que tiene el uso-consumo de agua dulce en el país, el Ministerio de Agricultura de Chile, encargó al Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) la realización de un estudio que permitiese estimar la huella hídrica referencial y calcular la huella hídrica real en zonas estratégicas de cultivo a lo largo del país para los siguientes productos: uva de mesa, uva pisquera, palta, oliva, cítricos, cereza, arándano, durazno conservero, ciruela, kiwi, manzana, remolacha, tomate de consumo fresco, tomate industrial, maíz, productos pecuarios como: leche y carne bovina. Excepción a esto fue el caso del cultivo del arroz y de la carne ovina, rubros a los cuales no se les realizó el cálculo de huella hídrica real.

Capítulo 1

La Huella Hídrica

- Gabriel Sellés van Schouwen
- Alfonso Osorio Ulloa
- Raúl Ferreyra Espada
- Alejandro Antúnez Barría
- Alexis Pérez Ríos
- Paula Riquelme Salinas

Capítulo 1

La Huella Hídrica

La huella hídrica de un producto se define, como el volumen total de agua dulce que se utiliza directamente o indirectamente para producir un bien (Hoekstra et al., 2009). Se calcula teniendo en cuenta el consumo de agua directo e indirecto asociado a la contaminación en todos los pasos del proceso productivo. De esta forma se llegan a establecer tres componentes que constituyen la huella hídrica de un producto, estos son la huella azul, la huella verde y la huella gris.

Hoekstra et al. (2009) definió estos tres componentes de la siguiente forma; la huella azul como el consumo de los recursos de aguas superficiales y subterráneas a lo largo de la cadena de producción, refiriéndose ese consumo a las salidas del sistema debido a la evaporación, al traslado a otra zona de captación o bien a la incorporación de agua a un producto, esto básicamente corresponde al riego. La huella verde se define como el consumo de los recursos de agua provenientes de la lluvia almacenada en el suelo, como la humedad del suelo y por último la huella gris se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes basados en las normas vigentes de calidad del agua.

Huella del Agua Azul (WF blue) (Ha)	Agua Azul Evapotranspirada + Agua Azul Incorporada + Pérdidas
Huella del Agua verde (WF Green) (Hv)	Agua Verde Evapotranspirada +Agua Verde Incorporada
Huella del Agua Gris (WF grey) (Hg)	Agua necesaria para la dilución de los contaminantes
Huella del Agua	Ha+ Hv + Hg

1. Huella azul (Ha)

La huella hídrica azul (Ha) es un indicador de uso de las aguas de superficie (cauces superficiales) o las aguas subterráneas. Normalmente corresponde a "Uso consuntivo del agua", y que está referido a cada uno de los cuatro casos siguientes:

- El agua evaporada (ya sea directamente o a través de la transpiración de los cultivos) y corresponde al concepto agronómico de evapotranspiración;
- El agua incorporada en el producto;
- El agua que no vuelve a la misma cuenca hidrográfica, por ejemplo, se entrega a otra cuenca o al mar;
- El agua que no vuelve en el mismo periodo, por ejemplo, se retira en un período de escasez y regresa en uno húmedo.

El primer caso, la evaporación, es el más significativo y de interés en la producción agrícola. Por lo tanto, a menudo se verá que el uso consuntivo se equipara a la evaporación, pero los otros tres casos deben ser incluidos, cuando sea pertinente.

El término "Uso consuntivo de agua" no significa que el agua desaparece, porque la mayoría del agua en la tierra se mantiene dentro del ciclo y vuelve siempre en alguna parte.
La magnitud de la huella de agua azul en una etapa del proceso (Ha proc) se calcula como:

Ha proc. = agua azul evaporada + agua azul incorporada + agua devuelta a los cauces

El último componente se refiere a la parte del flujo de retorno que no está disponible para su reutilización dentro de la misma cuenca hidrográfica en el mismo periodo de retiro, ya sea porque se volvió a otra cuenca hidrográfica (o dado de alta en el mar), o porque se devuelve en otro período de tiempo.
El consumo de agua azul en la agricultura se puede medir, pero en general se basa en los modelos que estiman las necesidades de agua de riego, además de información sobre su uso y oportunidad de riego.

2. Huella verde (Hv)

El agua verde (Hv) se refiere a la parte de la precipitación que se almacena en el suelo o que temporalmente se queda en la parte superior del suelo o la vegetación. Con el tiempo, esta parte de la precipitación (precipitación efectiva) se evapora o transpira a través de las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento del cultivo pero no toda el agua verde puede ser absorbida por los cultivos, porque siempre existirá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o áreas son adecuadas para el crecimiento de los cultivos.

En resumen, la huella del agua verde es el volumen de agua de lluvia (precipitación efectiva), que se utiliza en la industria o en la agricultura durante el proceso de producción.
La huella de agua verde en una etapa del proceso (Hv proc) es igual a:

Hv proc. = agua verde evaporada + agua verde incorporada al producto

3. Huella de agua gris (Hg)

La huella hídrica gris (Hg) es un indicador del grado de contaminación del agua dulce asociado con el proceso de producción. Se define como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de los contaminantes provenientes del proceso productivo, en relación a las normas ambientales de calidad del agua. Se calcula como el volumen de agua que se necesita para diluir los contaminantes y llevar el agua hasta los estándares de calidad de agua acordados.

La huella hídrica gris se calcula dividiendo la carga contaminante (L, masa / tiempo) por la diferencia entre el estándar de calidad de agua de este contaminante ($c_{máx}$ la concentración máxima aceptable, en masa / volumen) y su concentración natural en la recepción de agua en el cuerpo (c_{nat}, en masa / volumen).

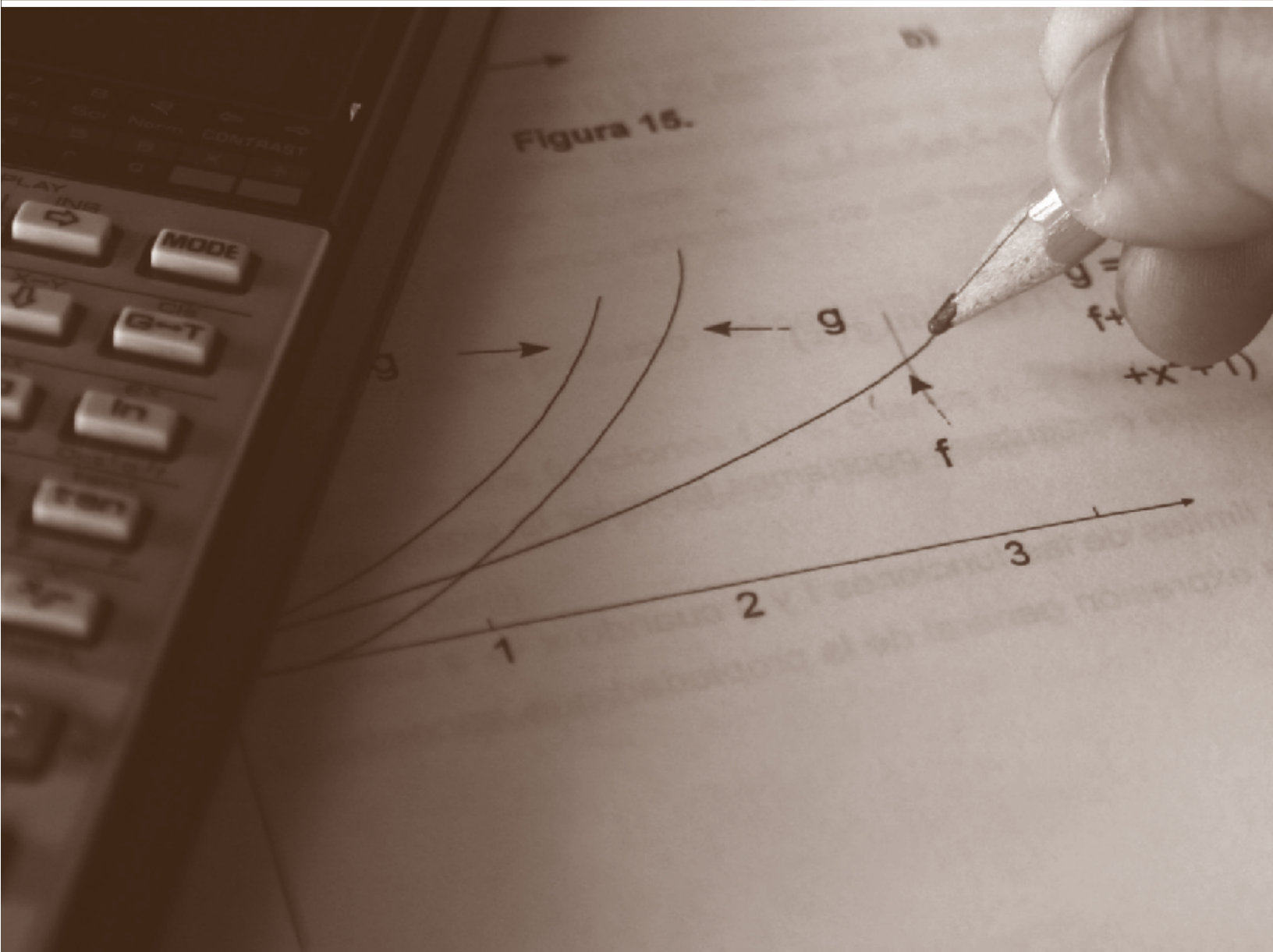
La huella de agua gris en una etapa del proceso (Hg proc) es igual a:

Hg proc= agua necesaria para la dilución de los contaminantes en el proceso.

Capítulo 2

Cálculo de la Huella Hídrica

- Raúl Ferreyra Espada
- Alfonso Osorio Ulloa
- Gabriel Sellés van Schouwen
- Alejandro Antúnez Barría
- Francisco Salazar Sperberg
- Josué Martínez-Lagos
- Rodolfo Poblete Toro
- Alexis Pérez Ríos
- Paula Riquelme Salinas



Capítulo 2

Cálculo de la Huella Hídrica

La metodología utilizada para el cálculo de la huella hídrica (HH) fue la descrita por Hoekstra en el Water Footprint Manual (2009), documento ampliamente aceptado para el cálculo de esta huella en agricultura. En el caso del presente estudio, para el cálculo de la HH se definieron dos conceptos, uno denominado Huella Hídrica Referencial, y otro Huella Hídrica Real.

1. Huella hídrica referencial (HH ref)

La huella hídrica referencial fue calculada a partir de información oficial existente, respecto a la evapotranspiración y precipitación efectiva. Como fuente de información se utilizaron los distritos agroclimáticos de CIREN y las precipitaciones efectivas determinada a través de la precipitación reale. En relación a la producción o rendimiento, en este caso se utilizó información experta de los técnicos de los diferentes rubros. Las condiciones de fertilización (fuente y dosis de nitrógeno) se consideraron de acuerdo a la extracción de nutrientes de las diferentes especies, obtenida de estudios experimentales, de acuerdo a niveles productivos indicados por los expertos.

1.1. Cálculo huella hídrica referencial

A continuación se señala la forma de cálculo de los diferentes componentes de la huella hídrica referencial. Cada componente se expresa en L/kg.

1.1.1. Huella azul

Para el cálculo de la huella azul se consideraron los siguientes parámetros:

- Evapotranspiración de cultivo (ETc)
- Precipitación efectiva (Ppeff)
- Rendimiento referencial

$$Ha_{ref} = \frac{ETc - Ppeff}{Rend.\ Referencial}$$

La ETc se calculó mediante información de evapotranspiración de referencia, obtenidos de los distritos agroclimáticos definidos por CIREN. Los valores del coeficiente de cultivo (Kc) se obtuvieron de la publicación FAO, colección de Riego y Drenaje N° 56 (1998).

La precipitación efectiva se calculó según Doorenbos y Pruitt (1977) a partir de la precipitación real media mensual entregada por CIREN. Para el cálculo de la precipitación efectiva se realizó según la siguiente expresión:

$$Ppeff = Pp * Factor\ de\ correción$$

Donde Pp= precipitación (mm)

El factor de corrección se aplicó de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Si la ETc mensual es < 3, factor de corrección es 0,65

- Si la ETc mensual está entre 3-5, factor de corrección es 0,76
- Si la ETc mensual está entre 5-7, factor de corrección es 0,90
- Si la ETc mensual es > 7, factor de corrección es 0,98

Fuente: Doorenbos y Pruitt, 1977.

1.1.2. Huella verde.

Para el cálculo de huella verde se utilizó la siguiente expresión

$$Hv\ ref = Ppeff / Rendimiento\ Referencial$$

Si la precipitación efectiva es mayor que la ETc, la Hv es igual a la ETc
(Si Ppeff >ETc => Hv= ETc)

1.1.3. Huella gris.

En el cálculo de la huella gris se consideraron los siguientes parámetros:

- Kg/ha del producto químico aplicado (sólo se consideró nitrógeno)
- FLN (Factor de lixiviación de nitrógeno)
- Concentración máxima permitida en el acuífero

La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$Hg\ ref = \frac{(Kg/ha\ prod.\ Químico\ app)\ (Factor\ lixiviación)}{Concentración\ máxima\ permitida\ en\ el\ acuífero} / Rendimiento\ Referencial.$$

Para el nitrógeno se consideró un factor de lixiviación de un 10% y una concentración máxima permitida en el acuífero de 10 mg/L (NCh 409). La dosis de nitrógeno considerada en la huella referencial corresponde a los requerimientos nutricionales para producir una tonelada de producto (Tabla A), considerando una eficiencia de aplicación de los fertilizantes de un 50 % según CORFO (2007).

Tabla A: Extracción de nitrógeno

Cultivo	Extracción "N" (kg N/1000 kg producto)
Tomate	2,8
Remolacha	4
Cítrico	1,8
Olivo	5
Uva de mesa	3,5
Uva para vino	2,7
Palto	2,6
Cerezo	1,6

1.1.4. Huella hídrica total de referencia (HHT ref)

La huella total corresponde a la sumatoria de las huellas referenciales azul, verde y gris.

$$HHT\ ref = Ha\ ref + Hv\ ref + Hg\ ref$$

1.2. Huella hídrica real (HH real)

1.2.1. Encuestas

Metodológicamente se definió aplicar encuestas a nivel de terreno para obtener información de los diferentes factores y variables utilizados en el cálculo de la Huella del agua de cada producto. Se elaboraron encuestas diferentes para cada situación de riego (tecnificado o superficial) y secano. Para la aplicación de las encuestas, se seleccionaron a encuestadores, los cuales debían tener un conocimiento de cada zona encuestada y del cultivo, conocimientos técnicos en el tema del agua, entre otros.

1.2.2. Elaboración de protocolo de procedimientos y de determinación de la Huella hídrica real.

Con la participación de todos los investigadores involucrados en el proyecto se elaboró el protocolo de determinación de la Huella del agua real, en el cual quedo estipulado los procedimientos y cálculos que se efectuaron.

1.2.3. Aplicación de las encuestas

Definido el protocolo de procedimientos y de cálculo, se dio inicio oficial a la aplicación de las encuestas en cada zona seleccionada y asociada al cultivo asignado a cada investigador. La aplicación de este instrumento se efectuó tomando en cuenta lo indicado en el protocolo, en el sentido de que el encuestador procuró tener certeza del dato que se le entregó; verificando, si fue necesario, su validez. Debe entenderse de que no fue una encuesta sencilla, y tuvo su complejidad dada la trascendencia que ella tiene en el resultado. El encuestador debía estar capacitado para efectuar mediciones, si era necesario. Un aspecto importante de considerar, además del agua utilizada, era el programa de fertilización aplicado por el agricultor, dado que es un insumo para determinar la Huella gris. Además muchos de los agricultores seleccionados no contaban con registros claros respecto a la cantidad de agua y fertilización aplicada por lo que se debieron hacer estimaciones en base a la información obtenida.

Las encuestas se aplicaron a agricultores asociados a los rubros en estudio en diferentes zonas geográficas del país.

1.2.4. Procesamiento de los datos

Finalizada la aplicación de las encuestas se procedió a una tabulación de los datos, utilizando planillas Excel o bien Tablas dinámicas, lo cual estuvo a cargo del encuestador con apoyo del Investigador a cargo. En las planillas se identificaron plenamente las variables que intervienen en el cálculo de la huella del agua, en sus componentes azul, verde y gris.

1.2.5. Cálculo huella hídrica real (por cultivo)

A continuación se explica la metodología utilizada en el cálculo de la huella hídrica real en predios de productores de los distintos cultivos, en las diferentes regiones del país.
Los valores de las huellas hídricas reales se expresan en L/kg.

a. Huella azul real

Para el cálculo de la huella azul se consideraron los siguientes parámetros.

- Evapotranspiración de cultivo (ETc)
- Precipitación efectiva (Ppeff)
- Agua aplicada por el productor (Agua app)

Se consideraron los siguientes casos

a) El agua aplicada es mayor que el requerimiento de riego del cultivo

$$\text{Si ETc - Ppeff} \leq \text{Agua app;} \quad \text{HAr} = \frac{\text{ETc - Ppeff}}{\text{Rendimiento}}$$

b) El agua aplicada es menor que el requerimiento de riego del cultivo

$$\text{Si ETc - Ppeff} \leq \text{Agua app;} \quad \text{HAr} = \frac{\text{Agua app}}{\text{Rendimiento}}$$

En ambos casos, cada resultado, se divide por el rendimiento real, obtenido a partir de la información de encuesta realizada por profesionales a los productores considerados.

b. Huella verde real

Para el cálculo de la huella verde se consideró un procedimiento similar a la huella verde referencial:

$$\text{Hv real} = \text{Ppeff} / \text{rendimiento (si Pp efectiva} < \text{ETc)}$$

$$\text{Si Pp efectiva} > \text{ETc} \Rightarrow \quad \text{Hv} = \text{ETc} / \text{rendimiento}$$

c. Huella gris real

Para el cálculo de la huella gris se consideró lo siguiente:

- Factor de lixiviación = 10%
- Concentración máx. permitida acuífero = 10 mg/L

$$Hg\ real = \left(\frac{(kg / ha\ prod.\ Químico\ app)(Factor\ lixiviación)}{Concentración\ máxima\ permitida\ en\ el\ acuífero} \right) \Big/ Rendimiento$$

Como producto químico se consideró la fertilización nitrogenada real utilizada por cada uno de los productores, de acuerdo a la información entregada. La expresión anterior se dividió por el rendimiento real informado.

d. Huella hídrica total real (HHT real)

La huella total corresponde a la sumatoria de las huellas reales azul, verde y gris

$$HHT\ real = Ha\ real + Hv\ real + Hg\ real$$

1.3. Cálculo de huella hídrica para sistemas ganaderos

La magnitud de la huella hídrica azul, verde y gris, para sistemas ganaderos se calculó de la misma manera que lo expuesto en puntos anteriores.

Sin embargo para sistemas ganaderos el alimento otorgado a los animales en la dieta es de suma importancia en la estimación del agua utilizada en la producción por lo que fue necesario estimar la cantidad de agua contenida en los alimentos proporcionados. Los cálculos fueron realizados de acuerdo a Broussain (2011). Para calcular las hectáreas utilizadas para la producción del alimento consumido por los animales por año se utilizó la siguiente ecuación:

$APC = F/P$

Donde:

- APC: Área equivalente de cultivo (ha/ año).
- F: peso seco del alimento consumido por las vacas (kg MS/ año).
- P: productividad de la pradera o cultivo (kg MS ha).

La evapotranspiración del cultivo se obtuvo mediante la multiplicación de la evapotranspiración de referencia de la zona específica del predio por el coeficiente kc teórico del cultivo correspondiente (FAO 56, 2006) de acuerdo a la siguiente:

$$ET_c = \sum_{i=inicio}^{Cosecha} ET_{Oi} * K_{Ci}$$

Donde:
- ET_c: Evapotranspiración de una ha del cultivo (mm.)
- ET_{oi}: Evapotranspiración de referencia el día de cultivo i (mm.)
- K_{ci}: Coeficiente en el día de cultivo i.

El cálculo de la evapotranspiración del área de cultivo se realizó de la siguiente manera:.

$$ETAPC = APC * ET_c$$

Donde:
- ETAPC: Evapotranspiración del área de cultivo (m^3/ año)
- APC: Área equivalente de cultivo (ha/ año)
- ETc: Evapotranspiración de una ha del cultivo (mm.)

La huella hídrica asociada al agua que bebe la vaca se calculó de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$Efd = Lb\text{-}Qw/ Lb$

$Wd = Lb * Va * (365/1000)$

$Huella\ hídrica\ d = Wd * Efd / Lb$

Donde:

- Efd: eficiencia de agua.
- Lb: agua que bebe el animal al día (L).
- Qw: agua que defeca y orina el animal al día (L).
- Wd: agua que beben todos los animales al año (m^3).
- Va: número de animales al año.
- Huella hídrica d: huella hídrica del agua que ingiere el animal.

La Huella hídrica total se obtuvo sumando las huellas del cultivo y la huella asociada al agua ingerida por el animal, para ser finalmente dividida entre los kg o L de producto generado por el animal.

Capítulo 3

Huella Hídrica en Uva de mesa

- Gabriel Sellés van Schouwen
- Paula Riquelme Salinas

Capítulo 3

Huella hídrica en Uva de mesa

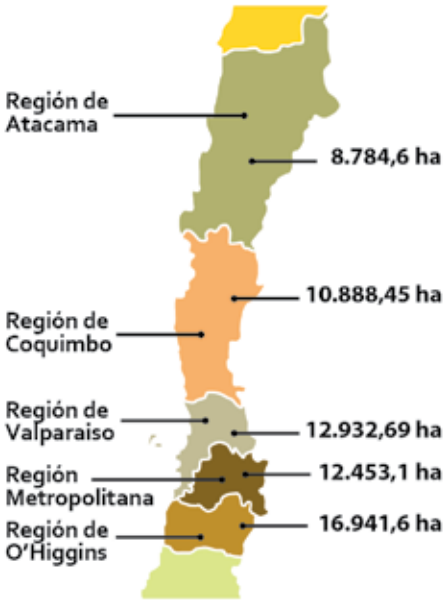


Figura 1. Superficie de Uva de Mesa por Región.

En Chile, la uva de mesa es una de las especies más importantes para la fruticultura, pues ocupa 52.366 hectáreas de las 234.479 plantadas con frutales.

La viticultura chilena se distribuye entre las regiones de Atacama y el Maule, como lo muestra la Figura 1. La zona productora norte, es decir Región de Atacama y Coquimbo, comprenden aproximadamente 19.600 hectáreas (Tabla 2), lo que corresponde a un 31% de la superficie nacional, la zona central, es decir Región de Valparaíso y Metropolitana, poseen aproximadamente 25.400 hectáreas (Tabla 1), 41% de la superficie nacional, y por último, la zona sur, Región de O'Higgins y el Maule, tienen aproximadamente 17.300 hectáreas (Tabla 1), equivalente al 28% de la superficie nacional.

Tabla 1: Superficie plantada con parronales de uva de mesa (hectáreas)

Región	Medición reciente 2008-2010	Medición anterior 2002-2005
Atacama	8.485	7.754
Coquimbo	10.221	9.681
Valparaíso	11.715	10.375
Metropolitana	9.338	10.022
O´Higgins	13.824	12.671
Maule	342	448
Total	**53.926**	**50.951**

Fuente: catastros e inter catastros regionales CIREN.

Un 85% de la superficie total de uva de mesa se encuentra en producción, y el 15% restante en formación (INE, 2007).

La superficie nacional plantada de parronales de uva de mesa, está dominada por seis variedades principales, las cuales representan más de 90% del total de dicha superficie: Thompson Seedless, Crimson Seedless, Red Globe, Flame Seedless, Superior Seedless y Autumn Royal, las que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Evolución de las principales variedades de uva de mesa

Variedad	2008-2010	2002-2005	Variación	
			Hectáreas	(%)
Thompson Seedless	15.971	17.498	-1.527	-8,7
Crimson Seedless	8.070	5.497	2.573	46,8
Red Globe	10.704	8.208	2.496	30,4
Flame Seedless	9.108	9.215	-107	-1,2
Superior Seedless	3.839	3.115	724	23,3
Autumn Royal	1.127	454	673	148,1
Ribier	469	1.195	-726	-60,8
Princess	495	107	388	361,2
Subtotal	**49.783**	**45.289**	**4.494**	**9,9**
Otras	4.143	5.214	-1.071	-20,5
Total	**53.926**	**50.503**	**3.423**	**6,8**

Fuente: Catastros e intercatastros regionales, CIREN.

Variedad Thompson Seedless

La variedad Thompson Seedless es la variedad que presenta la mayor superficie plantada con parronales de uva de mesa a nivel nacional, a pesar de haber experimentado una disminución de un 8,7% de un total de 17.551 hectáreas en el último Censo (2007).

Es una planta de vigor alto, sus bayas son ovaladas alargadas con un calibre que va de 18 a 20 mm de color verde a dorado pálido. En la zona central del país se alcanzan rendimientos promedios de 14 a 20 t/ha. Se cultiva principalmente entre las regiones de Atacama hasta el Maule, destacándose principalmente en las cuencas del Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí, Choapa, Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca.

Variedad Red Globe

La variedad Red Globe ha pasado a ocupar el segundo lugar en superficie plantada, con una expansión de 2.496 hectáreas (30,4%), desplazando a la variedad Flame Seedless al tercer lugar. Esta última registró una leve disminución de 107 hectáreas (1,2%) entre los dos últimos censos.

Los racimos alcanzan pesos que fluctúan entre 1.000 y 1.200 g, preparados para exportación. El calibre de las bayas puede llegar a los 26 mm. Es una variedad que se adecua bien a los sistemas de conducción en parrón. Se cultiva principalmente entre las regiones de Atacama y del Maule, destacándose las cuencas del Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí, Choapa, Aconcagua, Maipo, Cachapoal y Tinguiririca.

1. Huella hídrica referencial.

Para el cálculo de la huella referencial en uva de mesa se utilizaron valores de evapotranspiración potencial y precipitaciones de cada distrito agroclimático, como se indica en el capítulo 1 (Metodología), como también valores de kc y rendimientos referenciales de cada zona.

Los valores de Kc que se utilizaron para Thompson Seedless y Red Globe están basados en los valores que entrega FAO 56, según su estado fenológico: Brotación 0,2; Cuaja 0,8; Pinta 0,95; Cosecha 0,8; Receso invernal 0,2.

Los estados fenológicos para cada variedad, y su fecha de ocurrencia en las diferentes regiones se presentan a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3. Estados fenológicos y fecha de ocurrencia en regiones de Chile

Zona	Variedad	Brotación	Cuaja	Pinta	Cosecha
Copiapó	Thompson	25-jul	15-sep	10-nov	05-dic
Copiapó	Red Globe	25-ago	25-oct	01-dic	08-ene
Elqui	Thompson	20-ago	15-oct	10-dic	05-ene
Elqui	Red G.	25-ago	25-oct	20-dic	20-ene
Aconcagua	Thompson	01-sep	15-nov	25-dic	10-feb
Aconcagua	Red G.	01-sep	15-nov	25-dic	25-feb
Centro	Thompson	16-sep	10-nov	01-ene	10-feb
Centro	Red G.	17-sep	05-nov	15-ene	01-mar
Sur	Thompson	25-sep	15-nov	10-ene	15-feb
Sur	Red G.	25-sep	05-nov	20-ene	01-mar

Fuente: Subsole

Los rendimientos referenciales considerados en el cálculo de la Huella Hídrica Referencial fueron proporcionados por técnicos de Subsole y son: - Thompson Seedless Región de Atacama y Coquimbo 20,97 ton ha-1; Región de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins 24,99 ton ha-1. - Red Globe Atacama y Coquimbo 24,95 ton ha-1; Región de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins 29,55 ton ha-1.

En la Tabla 4, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 4. Huella hídrica para Uva de mesa por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**
ATACAMA	Copiapó	Thompson Seedless	439,2	37,2	46,0	522,4	483,7	15,5	46,0	545,2	442,4	8,8	46,0	497,2
		Red Globe	371,9	31,3	46,0	449,2	411,5	13,1	46,0	470,6	376,1	7,4	46,0	429,5
	Huasco	Thompson Seedless	454,4	29,1	46,0	529,5	494,5	16,4	46,0	556,9	437,2	10,9	46,0	494,1
		Red Globe	385,8	24,6	46,0	456,3	420,8	13,8	46,0	480,6	371,6	9,2	46,0	426,8
COQUIMBO	Elqui	Thompson Seedless	453,8	47,6	46,0	547,4	472,3	24,1	46,0	542,4	327,5	25,5	46,0	399,1
		Red Globe	381,4	40,0	46,0	467,4	396,9	20,3	46,0	463,2	275,3	21,5	46,0	342,7
	Limarí	Thompson Seedless	453,8	47,6	46,0	547,4	430,5	44,6	46,0	521,1	339,4	31,4	46,0	416,9
		Red Globe	381,4	40,0	46,0	467,4	361,8	37,5	46,0	445,3	285,3	26,4	46,0	357,7
	Choapa	Thompson Seedless	453,8	47,6	46,0	547,4	370,7	53,6	46,0	470,3	453,8	47,6	46,0	547,4
		Red Globe	381,4	40,0	46,0	467,4	311,6	45,1	46,0	402,6	381,4	40,0	46,0	467,4
VALPARAISO	Aconcagua	Thompson Seedless	234,6	256,9	46,0	412,4	295,9	97,3	46,0	439,2	260,3	124,0	46,0	430,3
		Red Globe	198,4	217,2	46,0	355,9	250,2	82,3	46,0	378,5	220,1	104,9	46,0	371,0
METROPOLITANA	Mapocho	Thompson Seedless	233,7	144,9	46,0	424,6	296,2	112,1	46,0	454,3	277,7	128,3	46,0	452,0
		Red Globe	206,6	123,0	46,0	375,6	261,4	94,9	46,0	402,3	244,8	108,9	46,0	399,7
	Maipo	Thompson Seedless	205,5	151,8	46,0	403,3	284,6	116,5	46,0	447,1	285,1	129,8	46,0	460,9
		Red Globe	182,1	128,7	46,0	356,9	251,2	98,7	46,0	396,0	251,4	110,0	46,0	407,4
De O'HIGGINS	Cachapoal	Thompson Seedless	211,7	149,7	46,0	407,4	262,9	138,9	46,0	447,7	286,9	127,1	46,0	460,0
		Red Globe	187,5	126,9	46,0	360,5	232,0	117,9	46,0	395,9	252,9	107,7	46,0	406,6
	Tinguiririca	Thompson Seedless	186,7	160,5	46,0	393,3	194,9	167,3	46,0	415,9	233,8	156,5	46,0	436,3
		Red Globe	172,9	138,6	46,0	357,6	242,1	116,7	46,0	404,7	242,7	115,7	46,0	404,1

El valor más alto de huella hídrica en uva de mesa, se obtiene en la variedad Thompson Seedless, en la zona media del valle del Huasco, por otra parte, el valor más bajo de este indicador, se obtiene en la zona alta de la cuenca del Tinguiririca, en la variedad Red Globe (Tabla 4).

Los valores más altos de la huella azul, se obtienen en la zona media de la cuenca del valle del Huasco, en la variedad Thompson Seedless, y la más baja en la zona media y baja de la cuenca del Tinguiririca en ambas variedades.

En el caso de la huella verde, los valores más bajos, se encuentran en la Región de Atacama, en la cuenca del Copiapó, en la variedad Red Globe. Dicha huella va en aumento hacia el sur.

2. Huella hídrica real

2.1. Variedad Thompson Seedless.

En las Figuras 2a, 2b, 2c y 2d se presentan las huellas real y referencial obtenidas en este estudio y las informada por el Water Footprint, para el cultivo de vid de mesa var. Thompson Seedless en las principales regiones productoras de Chile.

La huella azul informada por el Water Footprint es menor que la estimada en este estudio y por el contrario la huella verde es mayor. La huella gris presenta una pequeña diferencia en comparación a la informada por el Water Footprint, la cual es un poco menor a la estimada en este trabajo.

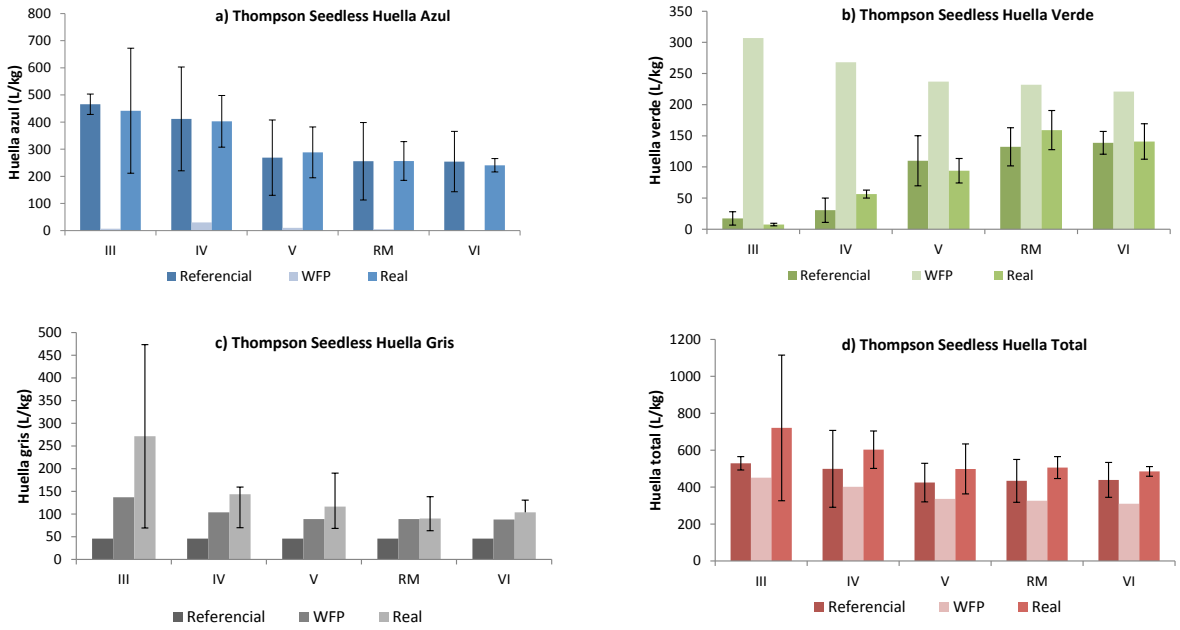


Figura 2. Comparación de la huella hídrica real, referencial y WFP en Uva de mesa Var. Thompson Seedless en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

Al analizar las huellas referenciales y reales se observa que en todas las regiones para huella azul se obtiene valores similares, en cambio, al compararlas con los datos del Water Footprint estos subestiman los valores de huella azul para las regiones.

Los valores de huella verde aumentan de norte a sur no existiendo grandes diferencias entre referencial y real, pero al igual que en huella azul el Water Footprint entrega valores muy alejados de los determinados para cada región.

En el caso de huella gris, en la mayoría de las regiones no presenta grandes diferencias entre reales, referenciales y Water Footprint, a excepción de la Región de Atacama donde el valor de huella gris real aparece sobrestimado.

2.2. Vid de mesa variedad Red Globe

Las Figuras 3a, 3b, 3c y 3d muestran las huellas hídricas referencial y total para vid de mesa var. Red Globe. Se incluyen también los valores de huella hídrica calculados por el Water footprint (WFP), donde la huella azul y total referenciales disminuyen de norte a sur y la huella verde referencial aumenta hacia el sur.

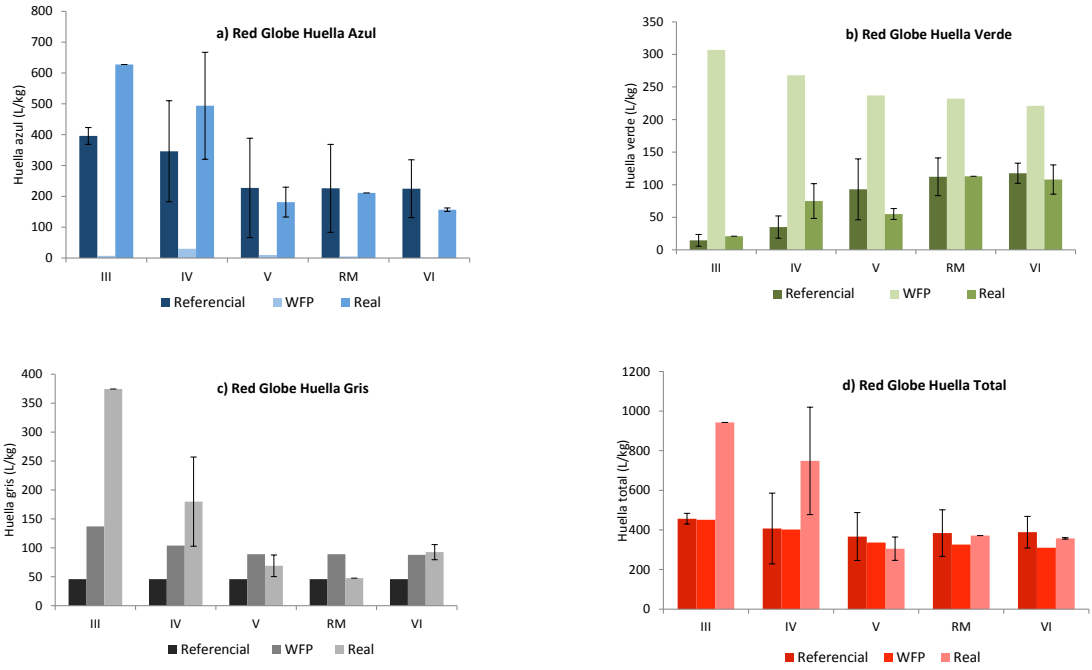


Figura 3. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Uva de mesa Var. Thompson Seedless en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

En la tercera, cuarta y sexta región el Water Footprint estima huellas azules muy superiores para este cultivo, igualmente que en la huella verde para todas las regiones analizadas, donde se estiman valores altos hacia el norte y menores hacia el sur del país.

La huella gris referencial en la quinta, sexta y región metropolitana es mayor, tanto para la huella real como para la informada por el Water Footprint.

La huella total real en la quinta región es la única que es menor que la referencial y la informada por el Water Footprint, mientras que en la tercera y cuarta región los valores reales son superiores a las otras huellas, esto influenciado principalmente por las magnitudes de la huella azul y gris.

En la Figura 4 se presentan los valores de huella hídrica para los principales países productores de uva de mesa, calculados por el Water Footprint, incluyendo a Chile.

Chile presenta los valores más bajos de huella hídrica, similares a los del estado de California; sin embargo, el valor de huella azul de Chile es mucho menor que el que presenta California, pero el valor de huella verde es menor que el de Chile.

Australia y Sud África son los países con huella hídrica más alta, llegando a valores cercanos a los 700 L/kg.

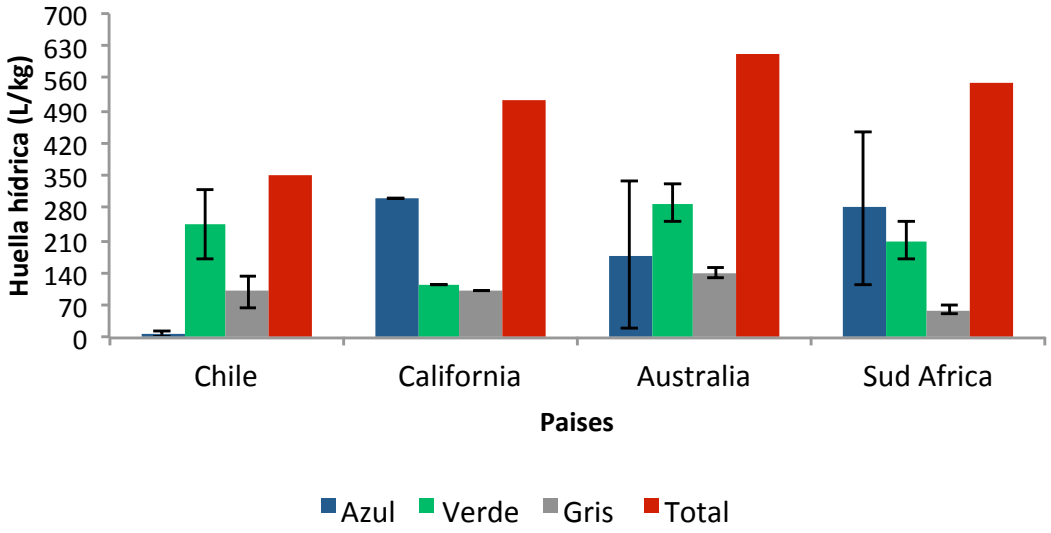


Figura 4. Comparación entre los principales productores de uva de mesa según valores de huella hídrica entregados por el Water Footprint.

3. Conclusiones.

La huella azul en la uva de mesa, tanto en Thompson Seedless como en Red Globe, disminuye de norte a sur, asociado principalmente a condiciones climáticas, por otra parte, la huella verde aumenta, por un concepto de mayores precipitaciones.

Las huellas reales en Atacama y Coquimbo, son mayores que las referenciales, por el contrario; en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y O'Higgins, son inferiores.

La huella gris, en todas las regiones analizadas es mayor que la referencial, lo que podría indicar un uso inadecuado de fertilizantes nitrogenados, siendo la Región de Atacama la que presenta los mayores valores de este indicador.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a la empresa Subsole, por el apoyo recibido en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 4

Huella Hídrica en Uva Pisquera

- Alfonso Osorio Ulloa
- Rodolfo Poblete Toro

Capítulo 4

Huella hídrica en Uva Pisquera

Figura 5. Superficie de Uva Pisquera por Región.

La producción de pisco se encuentra normada por la ley 18.455, Reglamento N° 521 y Decreto 75 (Modifica Decreto 521), del Ministerio de Agricultura del Gobierno de Chile y está asociada a las regiones de Atacama y Coquimbo, siendo esta última la que posee la mayor superficie de este cultivo. Según datos del catastro vitícola del año 2007 (SAG, 2007), la superficie a nivel nacional de vid pisquera, alcanza las 9.982 ha plantadas, de las cuales, el 94,2% de ellas se encontraban ubicadas en la Región de Coquimbo y sólo el 5,8% se localizaba en la Región de Atacama (Figura 5). La cantidad de productores asociados a este rubro, alcanzan un número de 3.190, dando como promedio explotaciones de aproximadamente 3 ha.

Al analizar la evolución de la superficie cultivada (Figura 6), esta se ha mantenido constante en los últimos diez años en torno a las 10 mil hectáreas, luego de haber tenido un aumento cercano al 70 % en los diez años anteriores. En el año 2007 se produjo una disminución de 0,8% respecto al año anterior en el cual se había llegado al récord de 10.063 hectáreas plantadas de vides para pisco (SAG, 2007). Esto se debió principalmente a las menores perspectivas de rentabilidad, creando un desinterés de los agricultores por este rubro, sin embargo en los últimos 4 a 5 años, este rubro ha tenido un alza, asociada principalmente a la demanda de este producto por empresas vitivinícolas, las cuales ofrecen mejores retornos por kilogramo de fruta.

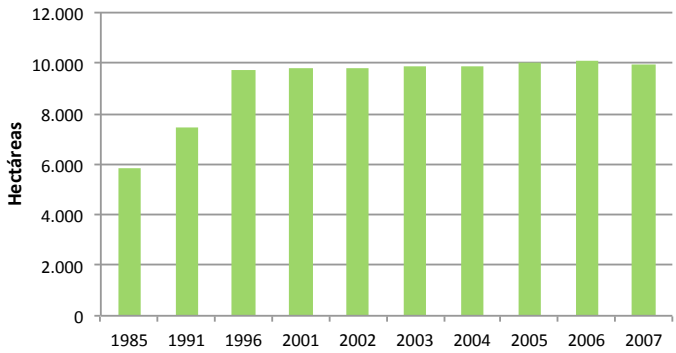


Figura 6. Evolución de la superficie de uva pisquera.

En la Tabla 5 puede observarse que hay cuatro variedades que cubren el 91,15% de la superficie total, siendo tres de ellas del grupo de las moscateles que, según expertos, presentan condiciones muy adecuadas para la producción de piscos de buena calidad. Se aprecia, asimismo, que la variedad Pedro Jiménez, considerada de menor valor para la producción de pisco, sigue ocupando casi el 25% del área

total dedicada a esta actividad; situación que se explicaría básicamente por su alto nivel de productividad, condición que permite tener una mayor rentabilidad de las explotaciones que la cultivan, al no existir una diferenciación en el precio por kilogramo en comparación con las variedades moscateles.

Tabla 5. Superficie de vides pisqueras por región y variedad (hectáreas)

Variedades	Atacama	Coquimbo	Total
Moscatel Rosada	27,7	2.540,0	2.567,7
Pedro Jiménez	145,6	2.322,0	2.467,6
Moscatel de Austria	148,8	2.125,4	2.274,2
Moscatel de Alejandría	223,7	1.567,4	1.791,1
Torontel	1,1	774,8	775,9
Moscatel Amarilla	0,5	57,8	58,3
Moscatel Blanca Temprana		18,6	18,6
Otras	29	18,6	47,6
Total	576,4	9.406,0	9.982,4

Fuente: Catastro Vitícola Nacional 2007. SAG.

A continuación se hace un análisis de las características de las variedades de mayor importancia a nivel país en la producción de pisco.

a. Moscatel Rosada

De origen y llegada a Chile desconocida, pero se supone que su entrada al país estuvo asociada a la llegada de los españoles en el periodo colonial. Es una variedad de racimos medianos y alargados, presenta bayas rosadas oscuras con pulpa dulce.

Esta variedad es la que presenta la mayor superficie plantada de este cultivo, ocupando un 25,72% del total, ubicándose casi el 100% de la superficie plantada en la Región de Coquimbo.

b. Pedro Jiménez

Se cree que su origen es América del Sur y que no tiene ninguna relación con la variedad Pedro Ximénez que se cultiva en España. Sus racimos son de tamaño medio a grande, con bayas de color amarillo verdoso, redondo, jugoso y dulces. Es una variedad rústica y vigorosa.

Esta variedad ocupa el segundo lugar en superficie plantada en Chile, equivalente al 24,71% del total, con una superficie en la Región de Coquimbo de 2.322 ha; en cambio en la Región de Atacama, la superficie no supera las 150 ha.

c. Moscatel de Austria

Esta variedad presenta racimos de tamaño mediano a grande, compactos, con bayas grandes, de color verde, tomando coloraciones tostadas en la madurez. Es una variedad precoz y vigorosa.

Esta variedad ocupa el tercer lugar en relación a la superficie plantada, con un 22,78% del total (SAG, 2007). El 6,54% de esta variedad se encuentra en la Región de Atacama y el 94,46% restante en la Región de Coquimbo.

d. Moscatel de Alejandría

Esta variedad es una de las más antiguas de *Vitis vinífera*, originaria del norte de África. Posee racimos grandes, poco compactos, de bayas amarillo-verdosas, con alto contenido aromático y de azúcar.

La variedad Moscatel de Alejandría es la cuarta variedad pisquera con más hectáreas plantadas en Chile, alcanzando según datos del SAG, (2007); el 17,94% del total plantado; de las cuales, el mayor porcentaje se concentra en la Región de Coquimbo.

1. Huella hídrica referencial

Para el cálculo de la huella hídrica referencial, se tomó como base, los rendimientos y fertilización de vid pisquera obtenidos en los distintos valles analizados y considerando una zonificación que está relacionada con la ubicación altitudinal del cultivo (zona baja, zona media y zona alta). Esto condiciona los niveles productivos de las diferentes variedades.

Los rendimientos y la fertilización potencial fueron informados por personal asociado al rubro y expertos en el tema; lo cual se presenta en las Tablas 6 a 10.

Tabla 6. Rendimiento y Fertilización potencial en el valle de Copiapó por variedad.

Zona	Variedad	Rendimiento potencial (Kg/ha)			Fertilización Nitrogenada potencial (UN/ha)		
		Informantes		Promedio	Informantes		Promedio
		Capel	INIA		Capel	INIA	
Alta	Moscatel Rosada	30.000	20.000	25.000	95	75	85
	Pedro Jiménez	45.000	25.000	35.000	120	60	90
	Moscatel de Alejandría	---------	20.000	20.000	----------	75	75
	Moscatel de Austria	45.000	30.000	37.500	120	100	110
	Mixto	40.000	25.000	32.500	120	70	95
Media	Moscatel Rosada	----------	25.000	25.000	---------	60	60
	Pedro Jiménez	45.000	30.000	37.500	120	90	105
	Moscatel de Alejandría	----------	25.000	25.000	----------	70	70
	Moscatel de Austria	45.000	35.000	40.000	120	120	120
	Mixto	----------	30.000	30.000	----------	100	100
Baja	Moscatel Rosada	33.000	30.000	31.500	90	90	90
	Pedro Jiménez	55.000	35.000	45.000	140	90	115
	Moscatel de Alejandría	---------	35.000	35.000		100	100
	Moscatel de Austria	45.000	35.000	40.000	120	100	110
	Mixto	45.000	30.000	37.500	120	100	110

CAPEL: Cooperativa Agrícola y Pisquera del valle de Elqui; CCP: Cooperativa Control Pisquero; INIA: Instituto de Investigaciones Agropecuarias

Tabla 7. Rendimiento y Fertilización potencial en el valle de Huasco por variedad

Zona	Variedad	Rendimiento potencial (Kg/ha)				Fertilización Nitrogenada potencial (UN/ha)			
		Informantes			Promedio	Informantes			Promedio
		Capel	CCP	INIA		Capel	CCP	INIA	
Alta	Moscatel Rosada	25.000	12.000	20.000	19.000	95	75	75	82
	Pedro Jiménez	40.000	15.000	30.000	28.333	120	80	60	87
	Moscatel de Alejandría	22.000	10.000	20.000	17.333	----------	80	75	78
	Moscatel de Austria	40.000	13.000	30.000	27.667	120	80	100	100
	Mixto	--------	--------	25.000	25.000	120	--------	70	95
Media	Moscatel Rosada	30.000	12.000	25.000	22.333	---------	90	60	75
	Pedro Jiménez	40.000	15.000	30.000	28.333	120	90	90	100
	Moscatel de Alejandría	45.000	10.000	25.000	26.667	----------	90	70	80
	Moscatel de Austria	45.000	15.000	35.000	31.667	120	90	120	110
	Mixto	-------	--------	30.000	30.000	----------	--------	100	100
Baja	Moscatel Rosada	-------	10.000	30.000	20.000	90	110	90	97
	Pedro Jiménez	45.000	18.000	35.000	32.667	140	95	90	108
	Moscatel de Alejandría	40.000	10.000	35.000	28.333		95	100	98
	Moscatel de Austria	45.000	8.000	35.000	29.333	120	95	100	105
	Mixto	-------	30.000	30.000	30.000	120	100	100	107

Tabla 8. Rendimiento y Fertilización potencial en el valle de Elqui por variedad

Zona	Variedad	Rendimiento potencial (Kg/ha)			Fertilización Nitrogenada potencial (UN/ha)		
		Informantes		Promedio	Informantes		Promedio
		Capel	INIA		Capel	INIA	
Alta	Moscatel Rosada	15.000	20.000	17.500	60	75	68
	Pedro Jiménez	25.000	25.000	25.000	100	65	83
	Moscatel de Alejandría	20.000	20.000	20.000	80	80	80
	Moscatel de Austria	25.000	30.000	27.500	100	90	95
	Mixto	20.000	25.000	22.500	80	70	75
Media	Moscatel Rosada	20.000	25.000	22.500	80	60	70
	Pedro Jiménez	40.000	30.000	35.000	160	90	125
	Moscatel de Alejandría	35.000	25.000	30.000	140	70	105
	Moscatel de Austria	35.000	35.000	35.000	140	100	120
	Mixto	30.000	30.000	30.000	160	100	130
Baja	Moscatel Rosada	25.000	30.000	27.500	100	90	95
	Pedro Jiménez	50.000	40.000	45.000	200	120	160
	Moscatel de Alejandría	40.000	45.000	42.500	160	140	150
	Moscatel de Austria	40.000	40.000	40.000	160	130	145
	Mixto	40.000	30.000	35.000	160	100	130

Tabla 9. Rendimiento y Fertilización potencial en el valle de Limarí por variedad

Zona	Variedad	Rendimiento potencial (Kg/ha)				Fertilización Nitrogenada potencial (UN/ha)			
		Informantes			Promedio	Informantes			Promedio
		Capel	CCP	INIA		Capel	CCP	INIA	
Alta	Moscatel Rosada	15.000	15.000	25.000	18.333	40	75	60	58
	Pedro Jiménez	30.000	19.000	30.000	26.333	60	80	90	77
	Moscatel de Alejandría	20.000	30.000	20.000	23.333	60	80	80	73
	Moscatel de Austria	30.000	20.000	30.000	26.667	50	80	90	73
	Mixto	---------	---------	25.000	25.000	---------	---------	70	70
Media	Moscatel Rosada	20.000	25.000	25.000	23.333	50	90	60	67
	Pedro Jiménez	35.000	33.000	30.000	32.667	90	90	90	90
	Moscatel de Alejandría	30.000	25.000	30.000	28.333	90	90	90	90
	Moscatel de Austria	25.000	25.000	35.000	28.333	80	90	100	90
	Mixto	---------	---------	30.000	30.000	---------	---------	100	100
Baja	Moscatel Rosada	30.000	28.000	30.000	29.333	90	110-120	90	90
	Pedro Jiménez	45.000	43.000	40.000	42.667	120	95-100	120	120
	Moscatel de Alejandría	40.000	25.000	50.000	38.333	120	95-100	160	140
	Moscatel de Austria	30.000	25.000	40.000	31.667	100	95-100	130	115
	Mixto	---------	30.000	30.000	30.000	---------	---------	100	100

Tabla 10. Rendimiento y Fertilización potencial en el valle de Choapa por variedad

Zona	Variedad	Rendimiento potencial (Kg/ha)				Fertilización Nitrogenada potencial (UN/ha)			
		Informantes			Promedio	Informantes			Promedio
		Capel	CCP	INIA		Capel	CCP	INIA	
Alta	Moscatel Rosada	15.000	15.000	25.000	18.333	71	75	60	69
	Pedro Jiménez	30.000	19.000	30.000	26.333	97	80	90	85
	Moscatel de Alejandría	20.000	30.000	20.000	23.333	---------	80	70	75
	Moscatel de Austria	30.000	20.000	30.000	26.667	81	80	100	87
	Mixto	---------	---------	25.000	25.000	---------	---------	100	100
Media	Moscatel Rosada	20.000	25.000	25.000	23.333	81	90	90	87
	Pedro Jiménez	35.000	33.000	30.000	32.667	113	90	90	90
	Moscatel de Alejandría	30.000	25.000	30.000	28.333	58	90	90	90
	Moscatel de Austria	25.000	25.000	35.000	28.333	113	90	100	95
	Mixto	---------	---------	30.000	30.000	---------	---------	100	100
Baja	Moscatel Rosada	30.000	28.000	30.000	29.333	81	120	130	110
	Pedro Jiménez	45.000	43.000	40.000	42.667	129	100	120	110
	Moscatel de Alejandría	40.000	25.000	50.000	38.333	48	100	140	120
	Moscatel de Austria	30.000	25.000	40.000	31.667	113	100	130	115
	Mixto	---------	30.000	30.000	30.000	---------	100	100	100

Con respecto a las variables agroclimáticas utilizadas en el cálculo de la Huella Hídrica, se utilizaron los datos asociados a los distritos agroclimáticos publicados por CIREN (1989). Dichos valores fueron comparados con aquellos registrados en estaciones meteorológicas presentes en la zona de estudio, como se presenta a continuación.

1.1. Validación de variables de la huella hídrica

1.1.1. Evapotranspiración de referencia

En la Tabla 11, se presenta un análisis de la evapotranspiración de referencia en los distintos valles en los cuales se cultiva la Uva Pisquera, en dicho análisis se comparan los datos utilizados en el cálculo de la huella hídrica que corresponden a los de los distritos agroclimatológicos y los registrados por estaciones meteorológicas automáticas presentes en dichos distritos.

Tabla 11. Evapotranspiración de referencia registrada por EMAS y su comparación con los distritos agroclimáticos.

Valle	Fuente	Estación	ETo Anual Estación mm	ETo Anual Distrito Estación mm	Variación	% de Variación
Copiapó	Agroclima	Tranque Lautaro	2.717,9	1619,2	1098,7	68%
	Agroclima	Los Loros	3.171,7	1619,2	1552,5	96%
Huasco	Agroclima	Alto del Carmen	2291,4	1613,9	677,5	42%
	CEAZA	Chigüinto	1776,0	1613,9	162,1	10%
	CEAZA	San Félix	1505,2	1619,2	-114,0	-7%
	CEAZA	La Huerta	1389,4	1553,2	-163,8	-11%
	Agroclima	Vallenar	1290,3	1362,9	-72,6	-5%
Elqui	CEAZA	Pisco Elqui	872,8	1567,9	-695,0	-44%
	Agroclima	Paihuano	2507,2	1567,3	939,9	60%
	Agroclima	Vicuña	1843,0	1476,6	366,4	25%
	CEAZA	Vicuña	1234,9	1476,6	-241,7	-16%
	CEAZA	Gabriela	797,2	1326,4	-529,2	-40%
Limarí	Agroclima	El Palqui	1526,0	1631,8	-105,9	-6%
	Agroclima	Carachilla	1721,8	1484,4	237,4	16%
	Agroclima	Recoleta	1625,9	1425,9	200,0	14%
	Agroclima	San Julián	1607,2	1325,8	281,4	21%
Choapa	Agroclima	Illapel	1522,0	1297,0	225,0	17%
	Agroclima	Salamanca	1718,7	1297,0	421,7	33%

Al realizar una comparación de los datos de Evapotranspiración de referencia (ETo), entre los utilizados en los distritos agroclimáticos y los valores de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAS), se aprecia que existen notorias diferencias, que en algunos casos superan el 60%; llegando incluso a valores cercanos al 100%, como es el caso de la estación que pertenece a la red de Agroclima y se encuentra ubicada en la localidad de Los Loros, en la cuenca del rio Copiapó. En la Figura 7, se presenta una gráfica de las diferencias existentes en dicha estación de forma acumulada, y en la Figura 8, se presentan las diferencias de forma mensual.

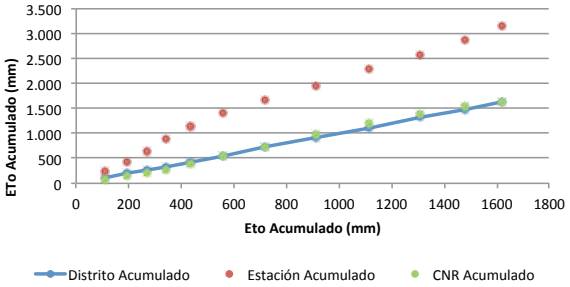


Figura 7: Gráfico de ETo acumulado en la estación Los Loros, Región de Atacama, Valle del Copiapó. Fuente: Agroclima

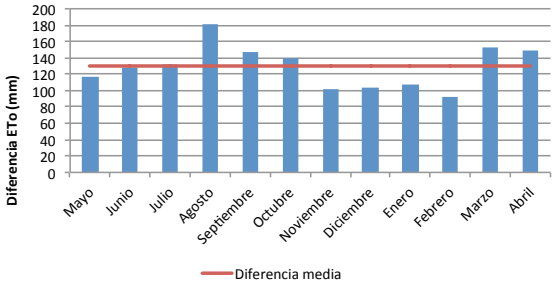


Figura 8: Gráfico de Diferencias mensuales (ETo) en estación Los Loros, Región de Atacama, Valle del Copiapó. Fuente: Agroclima.

Como se mencionó anteriormente, los datos registrados por la estación meteorológica difieren en un alto rango en relación a los utilizados para el cálculo de la huella hídrica, obteniéndose un total anual de ETo superior a los 3.000mm en dicha estación; muy superiores a los 1.700 mm anuales que se registran en el distrito y base de cálculo de la huella hídrica.

Contrario a esto, el sector en el cual las diferencias existentes son las menores, es en la estación que se encuentra en Vallenar, dichas diferencias no superan el 5%, lo que equivale a 72,6 mm. Cabe señalar que dichas diferencias son negativas, es decir los valores entregados por la estación son inferiores a los del distrito agroclimático en el que se encuentra. En la Figura 9 se aprecia de mejor forma dichas diferencias.

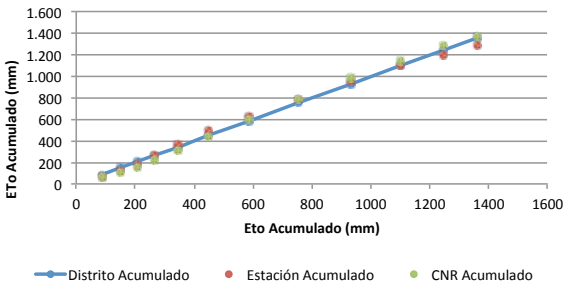


Figura 9: Gráfico de ETo acumulado en la estación Vallenar, Región de Atacama, Valle del Huasco. Fuente: Agroclima.

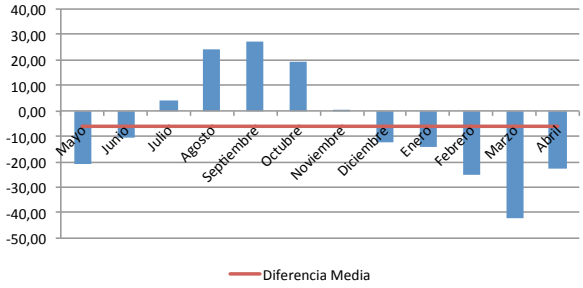


Figura 10: Gráfico de Diferencias mensuales en estación Vallenar, Región de Atacama, Valle del Huasco. Fuente: Agroclima

La diferencias existentes a escala mensual, se pueden apreciar en la Figura 10. En la mayoria de los meses, donde se observa que los datos utilizados en el estudio son mayores a los registrados en la estación; sin embargo, como se menciono anteriormente, la diferencia acumulada no supera los 73mm. Los meses en los cuales se hacen mas evidentes dichas diferencias positivas son agosto y septiembre; donde los datos registrados de la estación son superiores en 25mm al de distrito y el mes con la mayor diferencia negativa es marzo con - 43mm; es decir el dato de ETo del mes obtenido del distrito agroclimático es mayor al registrado en la estación.

1.1.2. Precipitaciones

En la Tabla 12, se muestran las precipitaciones registradas por las estaciones meteorológicas, así como las de los distritos agroclimáticos en los que se encuentran.

Tabla 12. Precipitación registrada por EMAS y su comparación con los distritos agroclimáticos

Valle	Fuente	Estación	PP Anual de la Estación (mm)	PP Anual del Distrito de la Estación (mm)	Variación	% de Variación
Copiapó	Agroclima	Tranque Lautaro	47,8	51,3	-3,5	-6,8%
	Agroclima	Los Loros	36,8	47,8	-11,0	-23,0%
	Agroclima	Alto del Carmen	34,8	65,1	-30,3	-46,5%
Huasco	CEAZA	Chigüinto	43,7	65,1	-21,5	-32,9%
	CEAZA	San Félix	43,3	65,1	-21,8	-33,5%
	CEAZA	La Huerta	41,9	29,9	12,0	40,0%
	Agroclima	Vallenar	41,1	40,1	1,0	2,4%
Elqui	CEAZA	Pisco Elqui	42,1	39,3	2,9	7,4%
	Agroclima	Paihuano	52,2	39,1	13,2	33,7%
	Agroclima	Vicuña	85,6	101,8	-16,2	-15,9%
	CEAZA	Vicuña	78,9	101,8	-22,9	-22,4%
	CEAZA	Gabriela	100,5	90,7	9,9	10,9%
Limarí	Agroclima	El Palqui	176,3	178,2	-1,9	-1,1%
	Agroclima	Carachilla	162,3	171,0	-8,7	-5,1%
	Agroclima	San Julián	113,4	90,5	22,9	25,3%
Choapa	Agroclima	Illapel	128,3	216,6	-88,3	-40,8%
	Agroclima	Salamanca	137,0	216,6	-79,6	-36,7%

En el caso de las precipitaciones, la estación que menos diferencia presenta en comparación a los distritos, es aquella que se encuentra en la localidad de El Palqui, con un valor de -1,9mm, lo que equivale a un -1%. En la Figura 11, se observan dichas diferencias.

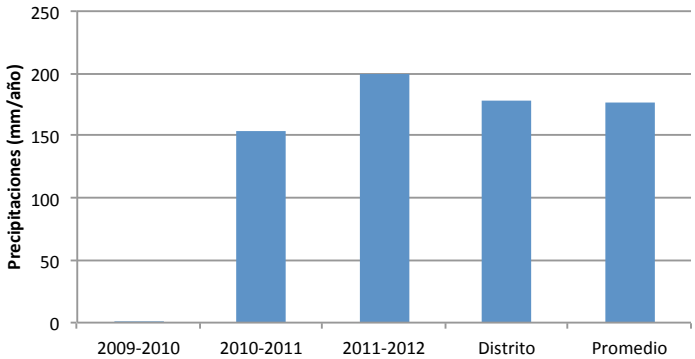


Figura 11: Precipitación anual en Estación El Palqui, periodo 2009 a 2012. Fuente: Agroclima.

En esta Estación, a pesar de disponer de datos en la temporada 2009-2010, éstos no fueron considerados ya que el registro anual está incompleto, disponiéndose solamente de datos en los meses de enero a abril del año 2010, período en el cual las precipitaciones son casi nulas.

El promedio de las temporadas analizadas, superan los 170mm, valor muy similar al que se encuentra registrado en el distrito agroclimático donde se ubica dicha estación.

Por otra parte, la estación que presenta las mayores diferencias con respecto al distrito en el que se

encuentra es la Estación ubicada en la localidad de Alto del Carmen, con una diferencia de -30,3mm equivalente a -46,5%; lo cual se puede visualizar en la Figura 12.

En la estación de Alto del Carmen, se puede apreciar que en la temporada 2009-2010, las precipitaciones estuvieron por debajo de los 10mm, sin embargo en las 2 temporadas siguientes, dichas precipitaciones estuvieron cercanas a los 50mm, no obstante dichas precipitaciones solo representan un 72% de las precipitaciones que se señalan para ese sector en los distritos agroclimáticos.

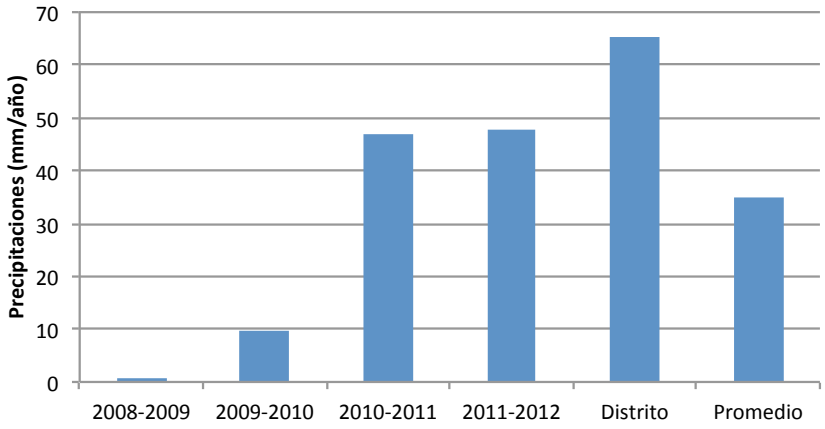


Figura 12: Precipitación anual en Estación Alto del Carmen, periodo 2008 a 2012. Fuente: Agroclima.

1.1.3. Pérdida de Nitrógeno en el suelo

Para el análisis de la perdida de nitrógeno, se instalaron 2 ensayos en sectores con diferentes tipos de suelo, uno del tipo arcilloso (La Chimba) y otro franco-arenoso (Sotaquí). En ambos sectores, se instaló un batería de 4 lisímetros de succión a diferentes profundidades (30, 50, 70 y 90cm), los cuales a su vez, se instalaron en 4 sectores al azar dentro de la zona de estudio, contando con un total de 16 tubos por localidad. La toma de muestras se realizó de 12 a 24 horas después del riego, cuando el suelo se encontrara a capacidad de campo. Para la extracción de dicha muestra, se aplicó un vacío equivalente de 70-80 centibares en los lisímetros de succión recuperándose de esta forma la solución suelo. Posterior a esto, se enviaron al laboratorio para su análisis, procediéndose a su refrigeración si el tiempo transcurrido entre la toma de muestra y él envió a análisis superaba las 24hr.

El muestreo en los ensayos se realizó cada vez que el agricultor regó y culminó con el último riego de la temporada. A su vez se realizaron análisis del agua de riego una vez al mes, para tener dicho valor como referencia.

Los resultados de los ensayos (Figuras 13 y 14), permitieron evidenciar, que a pesar de que existían concentraciones de nitrógeno bajo la zona de raíces, las cuales no eran aprovechado por las plantas; dichas concentraciones, fueron inferiores al umbral que exige la norma chilena para agua de riego (10mg/L)
También se puede apreciar que en el caso de Sotaquí (Figura 14), las concentraciones de nitrógeno en profundidad en todas las fechas analizadas, fueron menores en profundidad que en superficie.

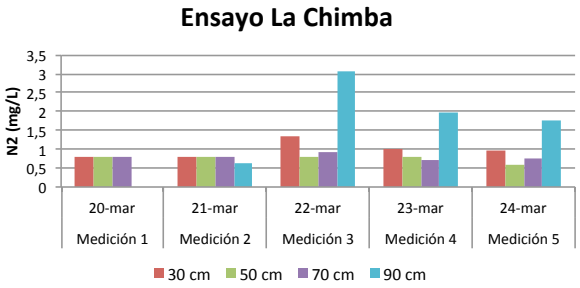


Figura 13: Lixiviación de nitrógeno en Sector la Chimba

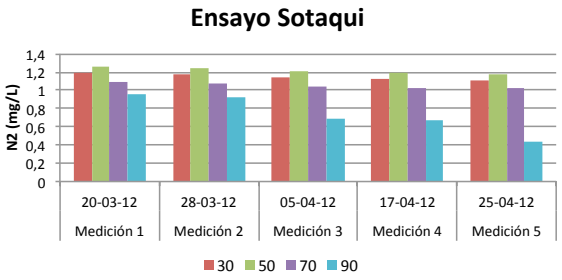


Figura 14: Lixiviación de nitrógeno en Sector Sotaquí

1.2. Resultados de huella hídrica referencial

En la Tabla 13, se presentan los valores estimados de huella hídrica de referencia para las regiones de Atacama y Coquimbo, cuenca hidrográfica, divididos por variedad, y zonificación climática; todo ello siguiendo el protocolo de cálculo explicado en el capítulo 3.

La huella hídrica referencial presenta los valores más altos en la Región de Atacama, específicamente en la cuenca del rio Huasco. Esto se debe principalmente a que el potencial productivo de la vid en este sector es inferior a las otras zonas en las cuales se desarrolla, también a las condiciones agroclimáticas presentes en esta cuenca, especialmente; en la zona alta con temperaturas y evapotranspiraciones altas. Por otra parte, en la cuenca del Limarí, los potenciales productivos de la uva pisquera son más altos que las otras cuencas en estudio; esto, junto con las condiciones climáticas favorables en la zona baja, permiten obtener los valores más bajos de huella hídrica referencial.

Con respecto a la huella hídrica referencial azul, esta presenta un comportamiento similar a la huella total, debido a los antecedentes antes mencionados, presentando los mayores valores en la zona alta del Huasco, y los inferiores en las zonas bajas en los valle del Elqui y Limarí.

Referente a la huella hídrica referencial verde, los valores más altos de dicha huella, se presentan en la Región de Coquimbo, asociado a que existen mayores precipitaciones que en la Región de Atacama. Valores altos de esta huella, permiten disminuir los valores de huella hídrica azul.

Tabla 13: Huella Hídrica referencial en Uva Pisquera para las principales regiones productoras. (L/kg)

Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**
Copiapó	Moscatel Rosada	361,3	31,3	34,0	**426,6**	364,9	12,3	34,0	**411,2**	298,9	5,9	28,6	**333,4**
	Pedro Jiménez	264,6	22,3	28,0	**314,9**	276,8	8,9	25,7	**311,4**	214,3	4,1	25,7	**244,1**
	Moscatel de Austria	246,2	20,8	29,3	**296,3**	263,3	8,5	30,0	**301,8**	236,6	4,6	29,0	**270,2**
	Moscatel de Alejandría	444,2	39,1	37,5	**520,8**	438,8	15,0	28,6	**482,4**	269,8	5,3	28,0	303,1
Huasco	Moscatel Rosada	483,7	36,8	33,6	**554,1**	476,9	17,4	43,2	**537,5**	441,3	11,4	48,5	**501,2**
	Pedro Jiménez	328,1	24,7	30,6	**383,4**	343,2	12,1	35,3	**390,6**	280,7	7,0	33,2	**320,8**
	Moscatel de Austria	330,1	25,3	36,0	**391,4**	334,9	12,0	35,8	**382,7**	311,1	7,8	34,7	**353,6**
	Moscatel de Alejandría	518,5	40,4	45,0	**603,9**	496,8	18,3	30,0	**545,1**	321,8	8,1	34,6	**364,5**
Elqui	Moscatel Rosada	321,8	36,3	38,8	**396,9**	393,1	26,3	34,5	**453,9**	302,0	21,9	34,5	**358,4**
	Pedro Jiménez	359,9	39,9	33,2	**433,0**	277,1	18,4	35,6	**331,1**	183,9	13,4	35,7	**233,0**
	Moscatel de Austria	224,7	25,0	34,5	**284,2**	265,5	17,7	34,5	**317,7**	206,6	15,1	36,0	**257,7**
	Moscatel de Alejandría	206,0	6,7	40,0	**252,7**	272,6	5,9	40,0	**318,5**	195,4	7,5	35,0	**237,9**
Limarí	Moscatel Rosada	492,1	54,5	31,7	**578,3**	461,7	46,0	28,7	**536,4**	270,7	27,9	30,7	**329,3**
	Pedro Jiménez	345,6	37,9	29,2	**412,7**	327,9	32,4	27,5	**387,8**	179,5	17,6	28,1	225,2
	Moscatel de Austria	342,9	37,4	27,3	**407,6**	343,0	34,5	31,8	**409,3**	224,9	22,8	36,3	**284,0**
	Moscatel de Alejandría	387,8	42,8	31,3	**461,9**	368,7	37,0	31,8	**437,5**	178,3	17,7	36,5	**232,5**
Choapa	Moscatel Rosada	387,3	42,6	37,5	**467,4**	283,0	44,5	37,5	**365,0**	297,6	42,6	37,5	**377,7**
	Pedro Jiménez	277,3	30,4	36,0	**343,7**	199,6	31,3	36,0	**266,9**	277,3	30,4	36,0	**343,7**
	Moscatel de Austria	322,6	35,1	33,5	**391,2**	246,5	38,5	36,5	**321,5**	276,5	35,1	36,5	**348,1**
	Moscatel de Alejandría	320,1	35,1	36,0	**391,2**	231,2	35,6	31,8	**298,6**	233,0	35,1	31,8	**299,9**

En el valle del rio Copiapó, los valores más altos de huella hídrica en las 3 zonas productivas del valle del Copiapó (Figura 15), se obtiene en variedades del tipo Moscatel (Alejandría y Rosada). Por otra parte, Moscatel de Austria y Pedro Jiménez presentan los valores más bajos de este indicador. Lo anterior es explicable por los niveles de rendimiento de las variedades señaladas.

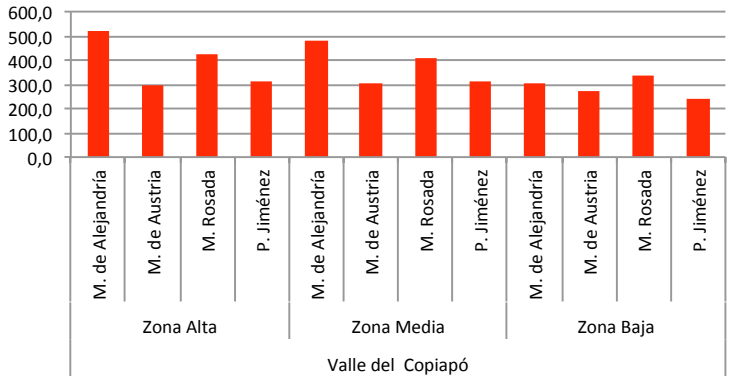


Figura 15. Huella hídrica referencial en uva pisquera por variedad y zona productiva en el valle del Copiapó.

Al igual que en el valle del Copiapó, en el valle del Huasco, los valores más altos de huella hídrica en las 3

zonas (Figura 16) se presentan en las variedades Moscatel de Alejandría y Moscatel de Rosada, llegando a valores cercanos a 600 L/kg. En tanto Moscatel de Austria y Pedro Jiménez, con valores similares entre sí, presentan las cifras más bajos en este indicador.

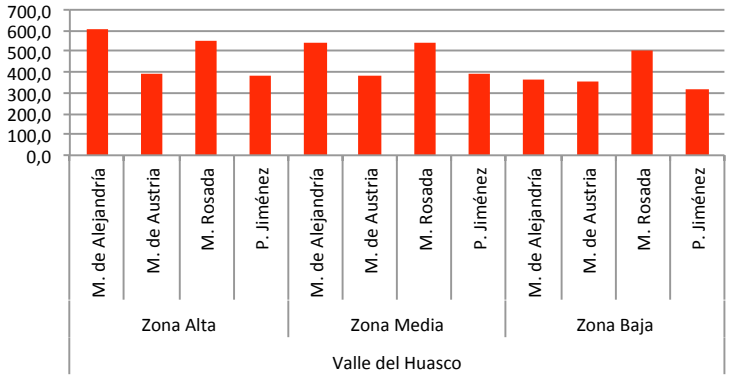


Figura 16. Huella hídrica referencial en uva pisquera por variedad y zona productiva en el valle del Huasco.

En el valle del Elqui (Figura 17), el valor más alto de Huella Hídrica se obtiene en la zona media en la variedad Moscatel Rosada. Los valores menores de este indicador se obtienen en la zona baja del valle en la variedad Pedro Jiménez, producto de los mayores rendimientos potenciales.

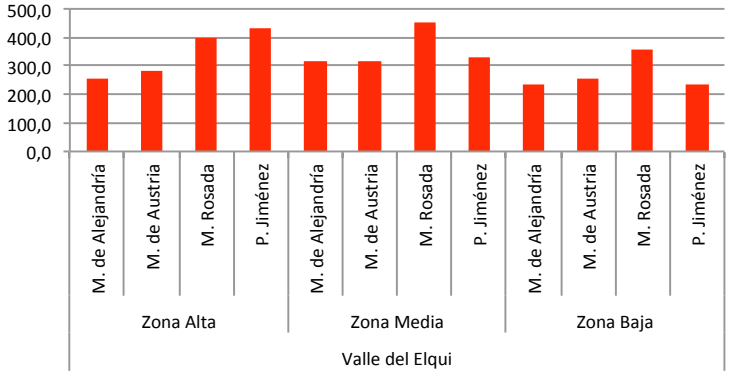


Figura 17. Huella hídrica referencial en uva pisquera por variedad y zona productiva en el valle del Elqui.

En el valle del Limarí, la uva pisquera presenta valores mayores de huella hídrica en la zona alta del valle y los menores en la zona baja (Figura 18). Al comparar las variedades, es Moscatel Rosada la que presenta los valores más altos de este indicador en las tres zonas analizadas. Los valores más bajos de este indicador los presenta la variedad Pedro Jiménez en las 3 zonas.

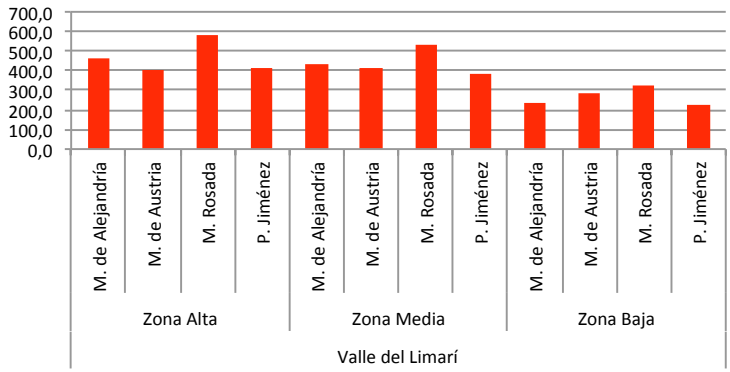


Figura 18. Huella hídrica referencial en uva pisquera por variedad y zona productiva en el valle del Limarí.

Al igual que en el valle del Limarí, en el valle del rio Choapa, los valores más altos de huella hídrica en uva pisquera los presenta la variedad Moscatel Rosada en las 3 zonas (Figura 19). La zona media y baja presentan valores similares de huella hídrica.

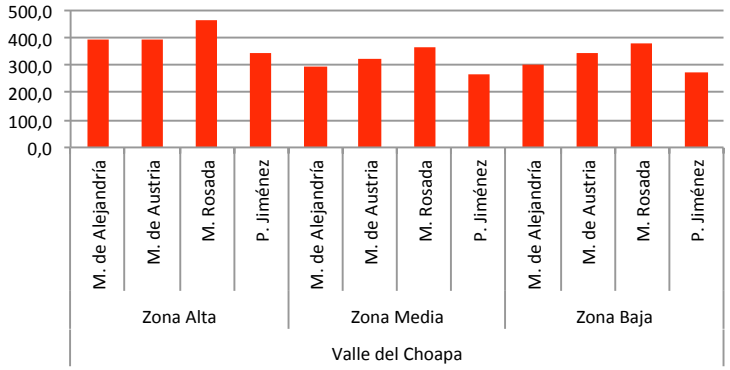


Figura 19. Huella hídrica referencial en uva pisquera por variedad y zona productiva en el valle del Choapa.

2. Huella hídrica real

Con respecto a la huella hídrica real, se analizaron los datos para cada uno de las variedades por separado y en ambas regiones; además de comparar dichos resultados con los obtenidos en el cálculo de la huella hídrica de referencia.

2.1. Uva pisquera variedad Moscatel Rosada

A pesar de ser la variedad que posee la mayor superficie plantada en el país de uva pisquera, su presencia en la Región de Atacama es minoritaria, lo que conllevo a no contar con datos de productores que cultiven dicha variedad.

En la Región de Coquimbo, se aprecia que tanto el componente azul (Figura 20a) y verde (Figura 20b) de la huella hídrica, presenta valores inferiores a los referenciales, asociado a una baja aplicación de agua vía riego y rendimientos mayores a los potenciales del rubro; además de presentar precipitaciones inferiores a las que se entregan en los distritos agroclimáticos, lo que conlleva a una menor huella verde. Por otra parte, el componente gris presenta valores más altos que los referenciales, lo que está asociado a un uso muy alto de fertilizantes nitrogenados. Todo lo anterior se evidencia en la suma de los 3 componentes, los cuales son muy similares a los referenciales.

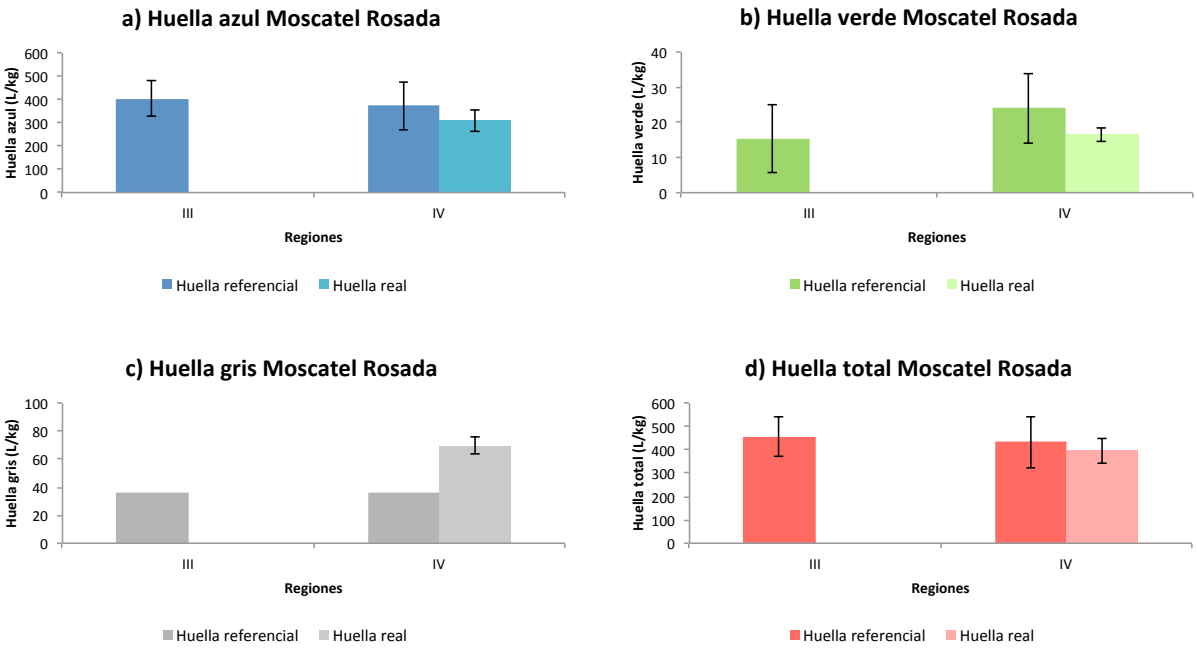
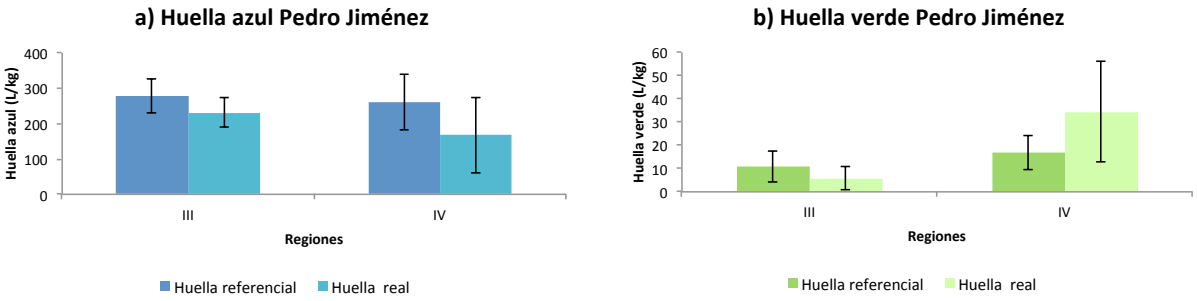


Figura 20. Comparación de huella hídrica real y referencial promedio en Moscatel Rosada en las regiones de Atacama y Coquimbo. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

2.2. Uva pisquera variedad Pedro Jiménez.

Esta variedad es las más productiva de las variedades pisqueras, lo que permite obtener valores de huella hídrica menores a las otras variedades. Por otra parte, si se analizan y comparan las huellas hídricas real y de referencia (Figuras 21a, b c y d), se evidencia, que la huella hídrica real es inferior a la referencial en su valor total y en su componente azul. En el caso del componente verde, éste es mayor al de referencia en la Región de Coquimbo. Lo anterior se debe a que los datos de las precipitaciones utilizados en el cálculo de la huella hídrica referencial son inferiores a los utilizados en la huella hídrica real. Por otra parte, el componente gris es mayor en la huella real solo en la Región de Atacama, lo cual se debe a un uso más alto de fertilizantes.



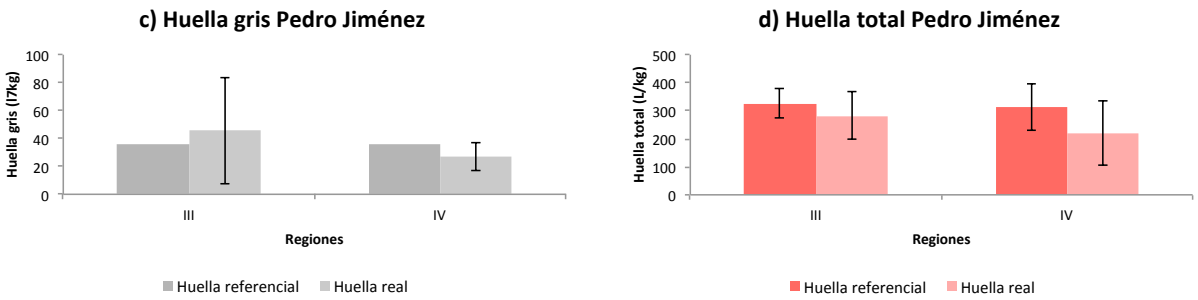


Figura 21. Comparación de huella hídrica real y referencial en Pedro Jiménez en las regiones de Atacama y Coquimbo. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

2.3. Uva pisquera variedad Moscatel de Austria.

Esta variedad presenta un comportamiento diferente en cuanto a huella hídrica se trata, comparada con las variedades anteriores, esto se refiere a que en la Región de Atacama las huellas hídricas reales, son inferiores a las estimadas de forma referencial (Figuras 22a, b, c y d).Esto estaría asociado a los volúmenes de agua aplicado vía riego, los cuales son inferiores a las demandas del cultivo. Otro punto importante es la fertilización nitrogenada, que según los datos analizados, las cantidades aplicadas por los agricultores, son inferiores a lo aconsejado por los profesionales de este rubro; de esta manera el valor de huella hídrica real es inferior al referencial.

En el caso de la Región de Coquimbo la huella hídrica real presenta valores mayores a los potenciales. Esto estaría asociado principalmente a los rendimientos reales informados, los cuales fueron inferiores a los potenciales, lo que incidiría directamente en la obtención de una huella hídrica mayor.

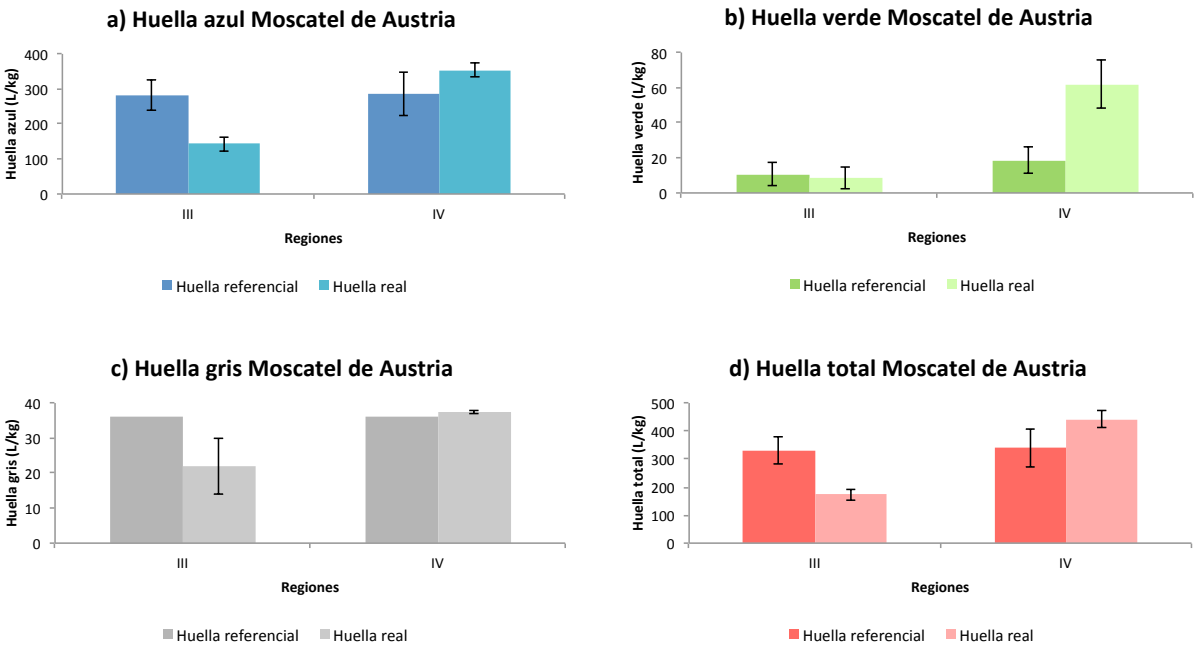


Figura 22. Comparación de huella hídrica real y referencial en Moscatel de Austria en las regiones de Atacama y Coquimbo. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

2.4. Uva pisquera variedad Moscatel de Alejandría

Esta variedad presenta un bajo potencial productivo, lo que genera valores de huella hídrica mayores a las otras variedades pero inferiores a Moscatel Rosada. Sin embargo, si se comparan los valores de huella hídrica real con los de referencia (Figuras 23a, b, c y d), estos últimos son mayores en casi todos sus componentes en ambas regiones. La única excepción es lo que ocurre en la Región de Atacama con el componente gris (Figura 23c), lo cual se asocia a una menor aplicación de fertilizantes por parte de los agricultores.

Por lo detallado anteriormente, la huella hídrica real total, es decir la suma de los componentes azul, verde y gris, es menor a los valores potenciales, lo cual se puede apreciar en la Figura 23d

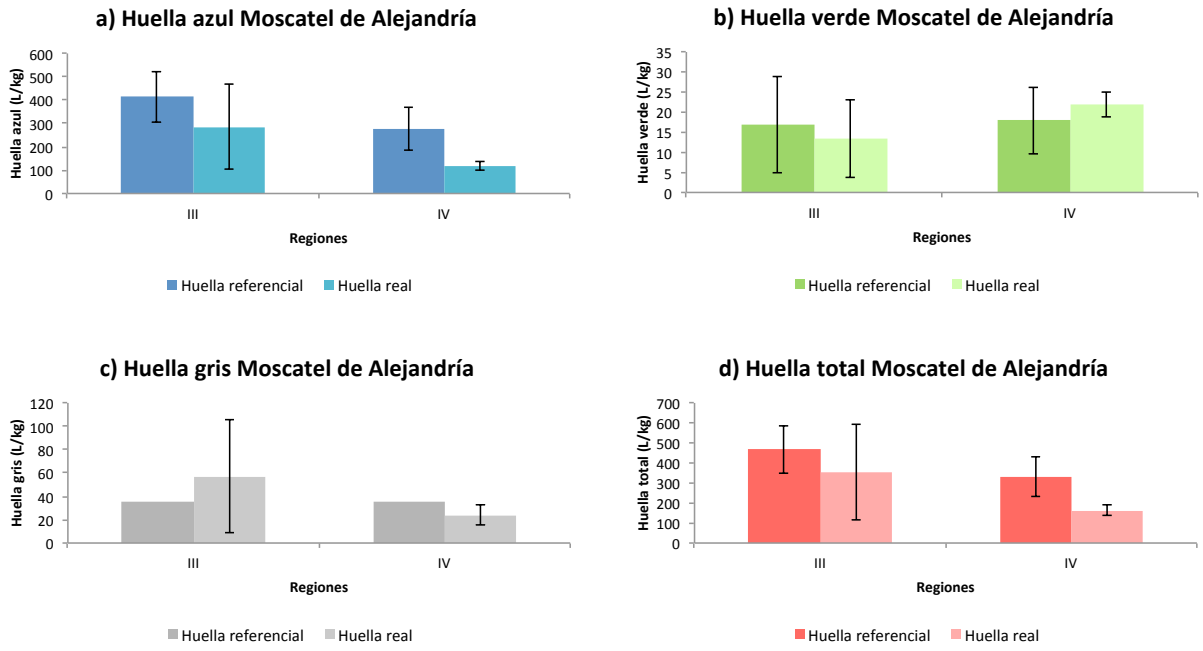


Figura 23. Comparación de huella hídrica real y referencial en Moscatel de Alejandría en las regiones de Atacama y Coquimbo. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

3. Conclusiones

De los resultados obtenidos, se pueden inferir las siguientes conclusiones.

Las principales variables que definen la huella hídrica de las diferentes variedades de uva pisquera en ambas regiones son: la ubicación geográfica que determina la ET del cultivo, las precipitaciones, los rendimientos y el manejo de fertilización.

Los resultados indicaron que la huella hídrica referencial puede llegar a valores de 603 L/kg en variedades de bajo potencial productivo como las Moscateles (Rosada y Alejandría) y de 225,2 L/kg en variedades de altos rendimientos como lo es la variedad Pedro Jiménez.

Los resultados de huella hídrica real, reflejaron una gran variabilidad, no solamente por efecto de las condiciones climáticas y varietales, sino que fundamentalmente por aspectos de manejo y que difirieron significativamente, con los valores de HH potencial o de referencia. A pesar de ello, los valores de huella hídrica real fueron inferiores a los potenciales en la gran mayoría de los casos analizados, debido

fundamentalmente a una menor aplicación de agua que la demandada según los coeficientes de cultivos pre-establecidos.

Al comparar las regiones en las cuales se cultiva la uva pisquera para la industria del pisco, los valores de huella hídrica referencial y real, son mayores en Atacama que en Coquimbo. Por otra parte si se efectúa una comparación entre los valles productores, es el valle de Huasco quien presenta los valores más altos de este indicador; esto debido a las condiciones climáticas (mayor evapotranspiración y bajas precipitaciones) presentes en la zona, lo que también influye en el rendimiento del cultivo.

Las estrategias para mejorar la huella hídrica, deben orientarse a un uso más eficiente tanto del recurso hídrico, como de la aplicación de fertilizantes así como de un aumento de los rendimientos, producto de un mejor manejo de los factores productivos.

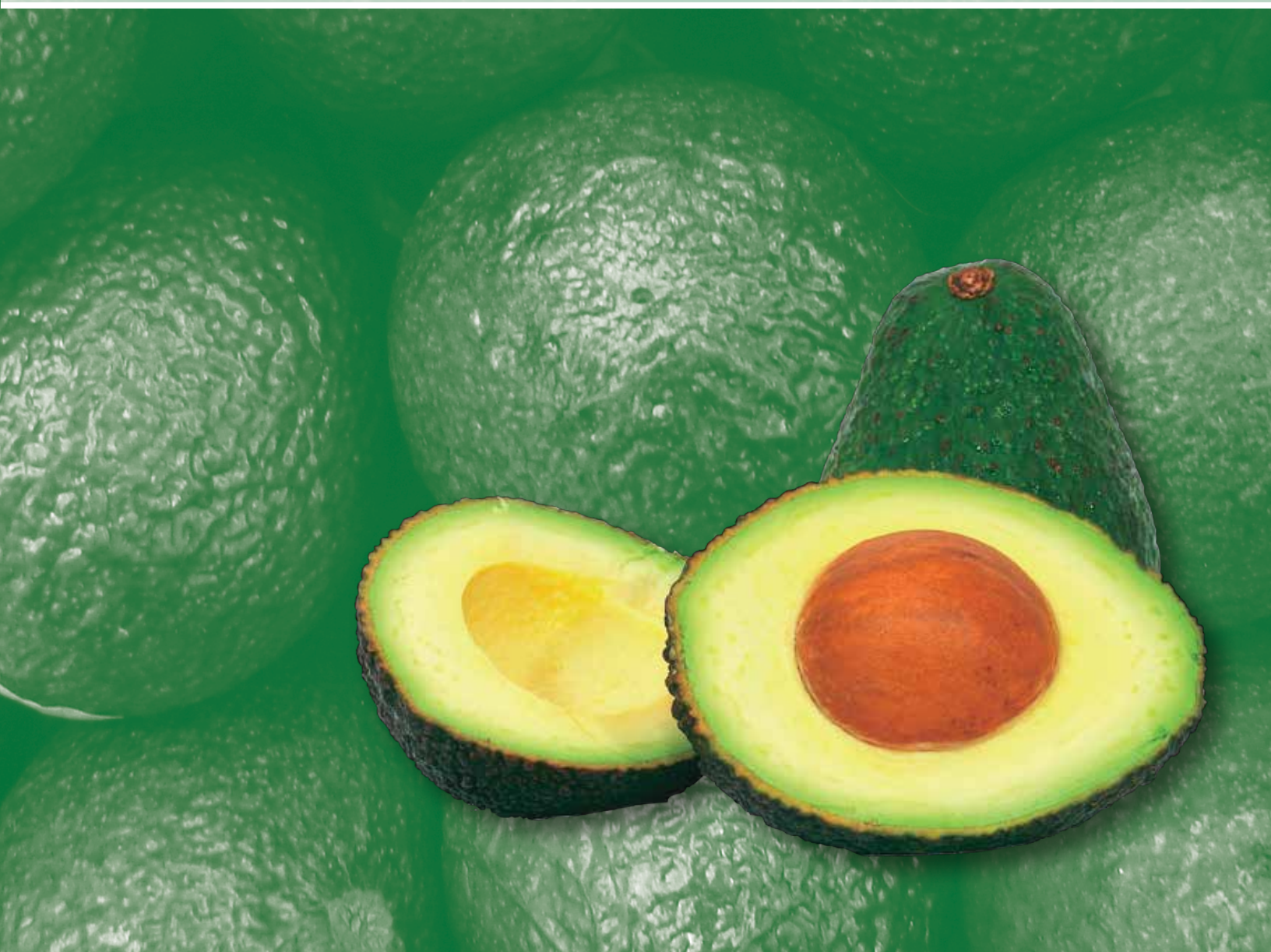
Agradecimientos.

Los autores agradecen a los productores encuestados de Uva pisquera de los Valles del Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí y Choapa, por su disposición a responder la encuesta aplicada y a los profesionales de las Cooperativas Control Pisquero y CAPEL por su valioso apoyo.

Capítulo 5

Huella Hídrica en Palta

- Raúl Ferreyra Espada
- Alexis Pérez Ríos



Capítulo 5

Huella hídrica en Palta

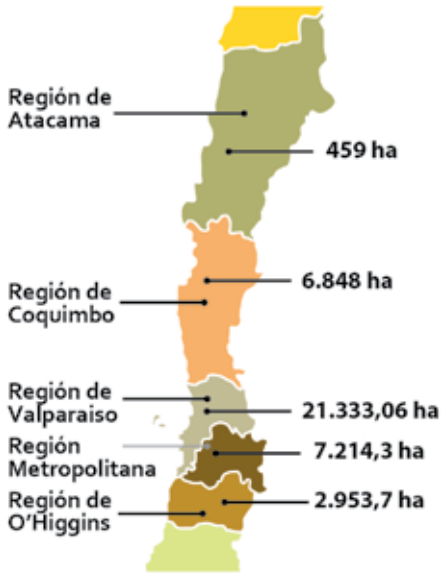


Figura 24. Superficie de Paltos por Región.

El palto *(Persea americana Mill.)* es un árbol de hoja perenne, originaria de América central, alcanzando alturas de 12 metros. En el cultivo del palto existen distintas variedades agrupadas según sus características en tres razas: la mexicana, la guatemalteca y la antillana, siendo en Chile los cultivares más importantes Hass, Fuerte, Negra de La Cruz o Prada, Bacon, Edranol y Zutano. El cultivar Hass es de vigor medio a grande, con una producción referencial de 20 a 25 ton/ha, no es muy resistente a heladas y es el cultivar más importante. El cultivar fuerte es de un alto vigor, con un rendimiento referencial de 8 a 10 ton/ha, además de ser sensible a bajas temperaturas. El cultivar Negra de La Cruz presenta una alta resistencia a heladas y una baja producción (entre 6 a 7 ton/ha). El cultivar Bacon presenta una producción referencial de 14 ton/ha en valles interiores y 20 ton/ha en zonas costeras, siendo resistente al frio y de gran altura. El cultivar Edranol es uno de los más importantes polinizadores del cv Hass, además presenta una producción baja y variable. El palto presenta según FAO 56 (2006) un coeficiente de cultivo (kc) de 0,75 y por ser un cultivo de hoja perenne se mantiene constante durante todo el año.

El palto es el tercer cultivo con la mayor superficie plantada en Chile. Según el Censo Agrícola del año 2007 existen 39.887 ha (Figura 24), localizándose más del 50% en la Región de Valparaíso, 18% en la Región Metropolitana y 17% la Región de Coquimbo; abarcando entre estas tres regiones más del 80% de la superficie plantada con paltos. Los cultivares más importantes son el Hass, Fuerte y Negra de la Cruz, que abarcan más del 80% de la superficie plantada.

El mercado de la palta en Chile se basa principalmente en la exportación, siendo Estados Unidos el destino más importante con un 76,1%, seguido por Holanda con un 8,5%, Reino Unido con un 5,3%, España con un 3,7% y Argentina con un 3,2%, (ODEPA,2008). El mercado interno abarca cerca del 30% de la producción nacional, siendo el segundo destino más importante después de Estados Unidos.

El cultivo del palto se extiende principalmente entre la Región de Coquimbo y la Región Metropolitana, siendo las cuencas de Elqui, Limarí, Choapa, la Ligua, Aconcagua, Petorca y Maipo, las más representativas.

1. Huella hídrica referencial

Las plantaciones de palto en Chile se encuentran principalmente en dos grupos o tipologias de suelos, el primero de ellos son los alfisoles de origen aluvial, textura franca, alcalinos y pobres en materia orgánica. El segundo grupo está representado por suelos de cerros de origen granítico y/o basáltico, de textura franco arcilloso, desuniformes y pobres en materia orgánica. Ambos grupos de suelos presentan

características físicas y químicas distintas a los andisoles de donde es originario el palto. En la Región de Valparaíso, se concentra más del 50% de las plantaciones de palto. El 66,5% de los paltos en esta región se encuentran plantados en suelo con un pH (en agua) superior a 7,0 y un 48,2% superior a 7,5. Respecto a las propiedades físicas del suelo, cerca de un 5% de los huertos plantados con paltos presenta un contenido de arcilla igual o superior al 40% y solo un 4% presenta una densidad aparente (Da) menor a 1 g cm-3. Ninguno de los suelos supera el 40% de capacidad de aire (volumen de aire del suelo a 0,33 atmósfera) y más de la mitad se encuentra en un rango entre 8,3% y 20%. Trabajos realizados por INIA, indica que el palto para desarrollarse en forma adecuada requiere de un porcentaje de aire en el suelo del orden del 27%.

Los paltos están plantados principalmente a lo largo de los valles, por lo cual hay plantaciones en zonas muy cercanas al mar (70 m.s.n.m) y otras muy cerca al inicio de la cordillera de Los Andes a 1300 m.s.n.m. Las condiciones climáticas de los huertos son muy variables. En las zonas altas la evapotranspiración de referencia anual (ETo) puede llegar a 1.700 mm/año y en las zonas costeras los valores son bastante menores cercano a los 700 mm/año. La gran variación climática es en gran medida la razón porque los huertos de la zona media-alta de los valles alcanzan la madurez de consumo de la fruta aproximadamente 55 días antes que los valles de la costa.

En la Tabla 14, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 14: Huella Hídrica referencial en Palta para las principales regiones productoras. (L/kg)

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Coquimbo	Elqui	391,7	36,3	34,7	462,6	419,7	23,3	34,7	477,7	373,7	28,5	34,7	436,9
	Limarí	391,7	36,3	34,7	462,6	413,7	37,8	34,7	486,1	298,5	24,9	34,7	358,1
	Choapa	391,7	36,3	34,7	462,6	335,8	38,6	34,7	409,1	391,7	36,3	34,7	462,6
Valparaíso	Petorca	247,0	83,8	34,7	365,4	333,7	58,7	34,7	427,1	282,2	69,4	34,7	386,3
	La Ligua	247,0	83,8	34,7	365,4	294,3	73,4	34,7	402,3	276,7	78,9	34,7	390,3
	Aconcagua	224,6	86,2	34,7	345,4	296,7	72,5	34,7	403,8	254,1	81,4	34,7	370,2
Metropolitana	Maipo	200,4	103,2	34,7	338,3	291,0	78,8	34,7	404,5	280,2	79,8	34,7	394,7

En el cultivo de la palta, la huella hídrica más alta, se obtuvo en la zona media de la cuenca del Limarí. El valor más bajo, se obtiene en la zona alta de la cuenca del Maipo.

Los valores de huella azul, fueron más altos en la zona media de la cuenca del Elqui, y el más bajo en la zona alta de la cuenca del Maipo, en la región Metropolitana.

En el caso de la huella verde, es en la cuenca del Maipo, donde se obtienen los valores más altos de dicho indicador, esto asociado a las altas precipitaciones, en comparación a las otras zonas productoras.

Los valores de huella hídrica total para el palto varían dentro de una cuenca debido a factores climáticos, que son los que determinan en gran medida la ETo. Algo similar ocurre entre regiones.

La HH verde y HH azul, tienen una clara dependencia por el régimen de precipitaciones que existe en cada región. Al avanzar hacia el sur las precipitaciones comienzan a aumentar y pueden suplir en mayor medida los requerimientos hídricos del cultivo, llegando en la Región Metropolitana a presentar el mayor valor medio de HH verde. Las precipitaciones en las regiones donde se cultiva el palto, van desde los 200mm/

año en la Región de Coquimbo, a los 500 mm/año en la Región Metropolitana, lo que hace aumentar considerablemente el promedio de HH verde en la Región Metropolitana.

Las precipitaciones tienen un efecto contrario en la huella hídrica azul, ya que mientras las precipitaciones aumentan, la huella hídrica azul disminuye, esto se refleja en la Región de Coquimbo, que si bien no presenta el mayor promedio huella hídrica azul, es la región donde la huella azul representa un mayor porcentaje en relación a la huella hídrica total.

2. Huella hídrica real

Las Figuras 25a, 25b, 25c y 25d presentan la huella hídrica referencial, real y la estimada por el Water Footprint (WFP), para el cultivo del palto, comparando las distintas regiones productoras.

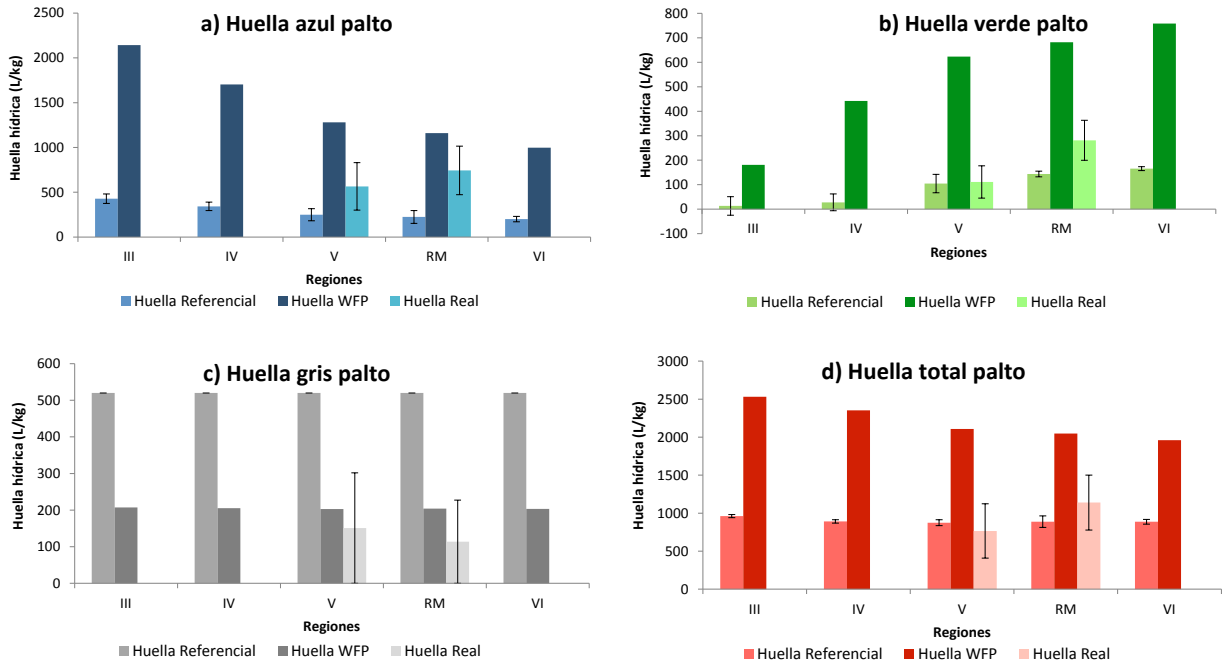


Figura 25. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Palta en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

Se observa que la huella real está muy por debajo de la huella estimada por el Water Footprint en todas las componentes de la huella hídrica, apreciándose esta diferencia de forma significativa en la huella verde. Por otro lado la huella referencial es menor que la huella real en todas las huellas calculadas, observándose la diferencia de forma significativa al comparar las huellas grises referencial con la real.

La Figura 26 muestra los principales países productores de palta, con sus huellas hídricas estimadas por el Water Footprint.

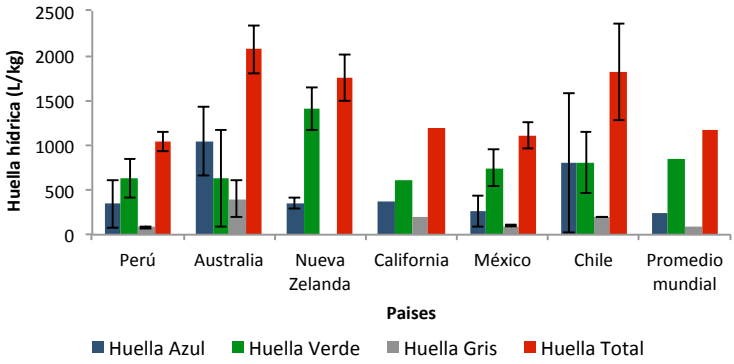


Figura 26. Comparación de huella hídrica entre los principales productores de palta, según información obtenida por el Water Footprint.

Se observa que Australia seria el país con una mayor huella total, influenciada principalmente por la huella azul, luego vendría Nueva Zelanda y Chile, con valores muy cercanos de huella total, pero en Nueva Zelanda no está considerada la huella gris e influyen en mayor medida los valores de huella verde en comparación con Chile, donde tanto la huella verde como la azul presentan valores muy cercanos. Los valores más bajos de huella los presentan California, México y Perú, donde el aumento en la huella total se debe principalmente a los valores de huella verde.

3. Conclusiones

En el cultivo de la palta, la huella hídrica más alta, se obtuvo en la zona media de la cuenca del Limarí. Por el contrario, el valor más bajo de este indicador, se obtuvo en la zona alta de la cuenca del Maipo.

Si se analizan los componentes de la huella hídrica, el componente azul es mayor en la zona media de la cuenca del Elqui y el más bajo en la zona alta de la cuenca del Maipo, todo esto asociado principalmente a condiciones climáticas.

En el caso de la huella verde, es en la cuenca del Maipo, donde se obtienen los valores más altos de dicho indicador, esto asociado a las altas precipitaciones, en comparación a las otras zonas productoras.
Se observa que la huella real está muy por debajo de la huella estimada por el Water Footprint en todas las componentes de la huella hídrica, apreciándose esta diferencia de forma significativa en la huella verde.
Por otro lado la huella referencial es menor que la huella real en todas las huellas calculadas, observándose la diferencia de forma significativa al comparar las huellas grises referencial con la real.

Capítulo 6

Huella Hídrica en Oliva

Francisco Tapia Contreras

Capítulo 6

Huella hídrica en Oliva

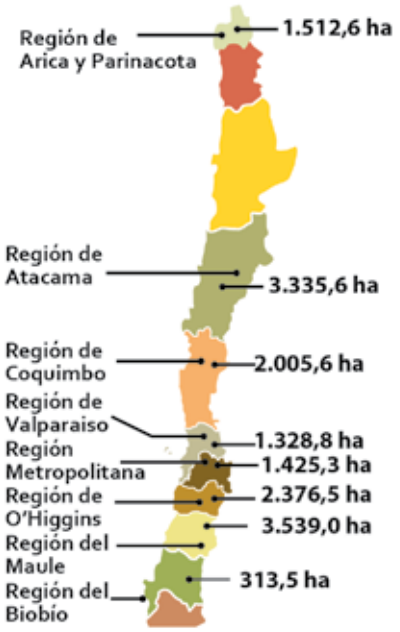


Figura 27. Superficie Cultivada con Olivo por Regiones

El olivo (*Olea europaea* L) es una especie frutal leñosa, originaria del Medio Oriente, cuyo cultivo data desde hace más de 6.000 años.

Botánicamente, su fruto es una drupa, similar a un durazno o ciruelo, sin embargo, el tamaño de éste es inferior, cuyo peso varía entre 1 y 8 gramos. El interés alimenticio de su fruto va por dos líneas, una como fruto procesado (fermentación), llamado aceituna, y otro en el proceso industrial, en donde mediante procesos físicos se extrae el aceite que en general la especie acumula en el interior de sus células.

Desde la antigüedad, estos dos productos han sido utilizados en la dieta alimenticia de los pueblos principalmente mediterráneos, y hoy con el desarrollo de la ciencia se ha difundido al resto del mundo, debido al descubrimiento de potencialidades nutracéuticas que este fruto aporta a la salud humana.

En general, al olivo se le divide en variedades productoras de aceite, que en su mayoría corresponden a variedades de frutos de pequeño tamaño, destacando la variedad Arbequina por su amplia difusión mundial debido a su gran adaptación a diferentes condiciones climáticas, productividad y mecanización del cultivo. La producción de aceitunas de mesa, que generalmente son consideradas variedades de frutos de mayor tamaño, presentan mayores exigencias climáticas, es decir requieren de mayor acumulación de días grado para lograr un tamaño atractivo, que represente una mayor proporción de pulpa comestible. En este sentido, la variedad Azapa, conocida también como Sevillano, originaria de la zona norte de Chile, se cultiva con éxito en regiones de clima cálido de nuestro país, desarrollándose comercialmente hasta la Región del Maule.

La productividad del olivo dependerá principalmente de la variedad, zona climática donde se cultive y de la disponibilidad de agua de riego con que se maneje, siendo relevante este último factor en definir el rendimiento que se obtiene de la plantación.

El olivo al ser un cultivo de origen de clima mediterráneo, el cual se caracteriza por poseer marcadas estaciones húmedas y secas, se ha desarrollado en función de tolerar estaciones con marcado déficit hídrico, lo cual se debe a adaptaciones fisiológicas que permiten una menor extracción de agua del suelo, el cual es definido por el coeficiente de cultivo (Kc), que según FAO 56 (2006) se desarrolla desde 0,55 (receso); 0,65 (pleno desarrollo de frutos) y 0,60 (cosecha).

El desarrollo de este rubro a nivel nacional, data del siglo XVI con el establecimiento de la especie en el norte de Chile, para luego desarrollarse comercialmente a partir de principios del siglo XX, manteniéndose por décadas con superficies en torno a 3.000 hectáreas. Luego a fines del siglo pasado, se toma un nuevo

impulso en su desarrollo, originado por el gran interés de consumir aceite de oliva virgen. La superficie nacional llega, según Censo Agropecuario del año 2007, a 16.129 ha, concentrándose principalmente en la Región de Arica y Parinacota y entre las Regiones de Atacama al Maule. En la actualidad, el desarrollo de este cultivo ha continuado, alcanzándose una superficie de más de 26.000 hectáreas.

Durante 2008 las exportaciones chilenas de fruta procesada totalizaron movimientos por más de 541 mil toneladas, por un valor de US$ 1.042 millones. Esto significó aumentos de 7,2% en volumen y 42,4% en valor, respecto de 2007. El principal destino de las exportaciones fue Estados Unidos, con más de 96 mil toneladas, avaluadas en US$ 201,8 millones y una participación de mercado de 19,4% (12% en volumen y 50,6% en valor por sobre 2007). En segundo lugar se ubicó México, con una participación de 10,1%.

a. Olivo variedad Sevillano (Azapa)

Variedad muy rústica, tolerante a la sequía y a la salinidad. En suelos marginales se desarrolla adecuadamente. Susceptible al viento. La capacidad de enraizamiento, mediante estaquillado semileñoso, es media. Su entrada en producción es precoz.

Se considera susceptible a Verticilosis, Repilo y emplomado. Los árboles injertados, tarde o temprano, se ven afectados por un problema de virus, enfermedad conocida como "vericosis", la cual lentamente va reduciendo la productividad.

La productividad media varía entre (6 a 10 toneladas por hectárea). Marcadamente vecera. La relación pulpa/hueso es de 9,6. El destino de la producción es fundamentalmente para mesa, como verde estilo sevillano y negra oxidada. La separación de la pulpa del hueso resulta difícil por lo que presenta problemas de deshuesado.

La demanda de agua de riego en condiciones de la Región de Atacama varía entre 7 y 9 mil metros cúbicos por hectárea.
Las principales cuencas con producción de Olivo variedad Sevillano (Azapa) son: San José, Copiapó, Huasco, Limarí y Maule.

b. Olivo variedad Arbequina

Es una variedad de crecimiento compacto. De precoz entrada en producción, registrándose cosechas interesantes a partir del segundo año. Ideal para plantaciones de densidades entre 800 y 1800 plantas por hectárea. Fácilmente adaptable para cosechas mecanizadas con cosechadoras integrales.

Es la variedad de mayor difusión en Chile, representando en la actualidad aproximadamente el 60% de las nuevas plantaciones.

Su fruto es uno de los primeros en madurar (marzo), con una coloración amarillenta, no alcanzando el color negro, lo que se acentúa en años de abundante carga frutal.

Susceptible a conchuela negra (Saissetia oleae) y repilo (Spilocaea oleagina). Debido a su alta productividad, las deficiencias nutricionales de nitrógeno y magnesio se hacen notar rápidamente, requiriendo aportes permanentes de nitrógeno y magnesio.

Las principales cuencas en las que se cultiva la variedad de olivo Arbequina son: Copiapó, Huasco, Elqui, Limarí, Rapel, Maule, Ñuble e Itata.

1. Huella hídrica referencial

Corresponde al agua que potencialmente es utilizada en el proceso de producción de un kilogramo de olivas, considerando la productividad de la especie y la demanda generada por la atmósfera en las diferentes zonas que potencialmente pueden desarrollarse.

Este cálculo ha sido determinado en las principales zonas donde potencialmente puede cultivarse el olivo, tanto para variedades aceiteras como de mesa.

En la Tabla 15, se presentan los resultados de la huella hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado en las variedades Sevillano y Arbequina.

Tabla 15. Huella hídrica para Oliva por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	**Verde**	**Gris**	**Total**	**Azul**	**Verde**	**Gris**	**Total**	**Azul**	**Verde**	**Gris**	**Total**
Arica y Parinacota	**San José**	Sevillano	1491,7	27,3	40,0	1559,0	1447,3	9,9	40,0	1497,2	699,4	0,6	40,0	740,0
		Arbequina	745,9	13,6	40,0	799,5	723,6	4,9	40,0	768,6	349,7	0,3	40,0	390,0
Atacama	**Huasco**	Sevillano	805,3	53,3	40,0	898,5	887,8	26,1	40,0	953,9	772,1	17,0	40,0	829,1
		Arbequina	402,6	26,6	40,0	469,3	443,9	13,0	40,0	497,0	386,0	8,5	40,0	434,5
Coquimbo	**Elqui**	Sevillano	669,3	162,9	40,0	872,2	813,2	48,2	40,0	901,4	668,4	53,5	40,0	761,9
		Arbequina	334,7	81,4	40,0	456,1	406,6	24,1	40,0	470,7	334,2	26,8	40,0	401,0
O'Higgins	**Rapel**	Sevillano	805,3	53,3	40,0	898,5	887,8	26,1	40,0	953,9	772,1	17,0	40,0	829,1
		Arbequina	402,6	26,6	40,0	469,3	443,9	13,0	40,0	497,0	386,0	8,5	40,0	434,5
Maule	**Maule**	Sevillano	0,0	612,5	40,0	652,5	157,0	527,4	40,0	724,4	196,5	460,6	40,0	697,1
		Arbequina	0,0	306,3	40,0	346,3	78,5	263,7	40,0	382,2	98,2	230,3	40,0	368,6
Biobío	**Itata**	Sevillano	5,0	553,0	40,0	598,0	0,0	579,3	40,0	619,3	0,0	602,0	40,0	642,0
		Arbequina	2,5	276,5	40,0	319,0	0,0	289,6	40,0	329,6	0,0	301,0	40,0	341,0

En la zona alta de la cuenca San José, es donde se obtienen los valores más altos de la huella hídrica, para ambas variedades (Sevillano y Arbequina), por otra parte, los valores más bajos de este indicador se obtienen en la zona sur, en la cuenca del Itata.

Al igual que en la huella total, los valores más altos de la huella hídrica azul en olivo, se obtienen en la zona alta de la cuenca San José en olivo sevillano y los más bajos, en la zona media del Itata, en olivo arbequina. En la huella verde, los valores más altos, se obtienen en la zona sur, principalmente en la zona alta de la cuenca del Maule, en olivos sevillanos, y los más bajos en la zona baja de la cuenca San José.

2. Huella hídrica real

2.1. Olivo variedad Sevillano

Las Figuras 28 a, b, c y d, representan los distintos componentes de la huella hídrica referencial, real y la estimada por el Water Footprint, para el cultivo del olivo correspondiente a la variedad Sevillano, para las principales regiones productoras.

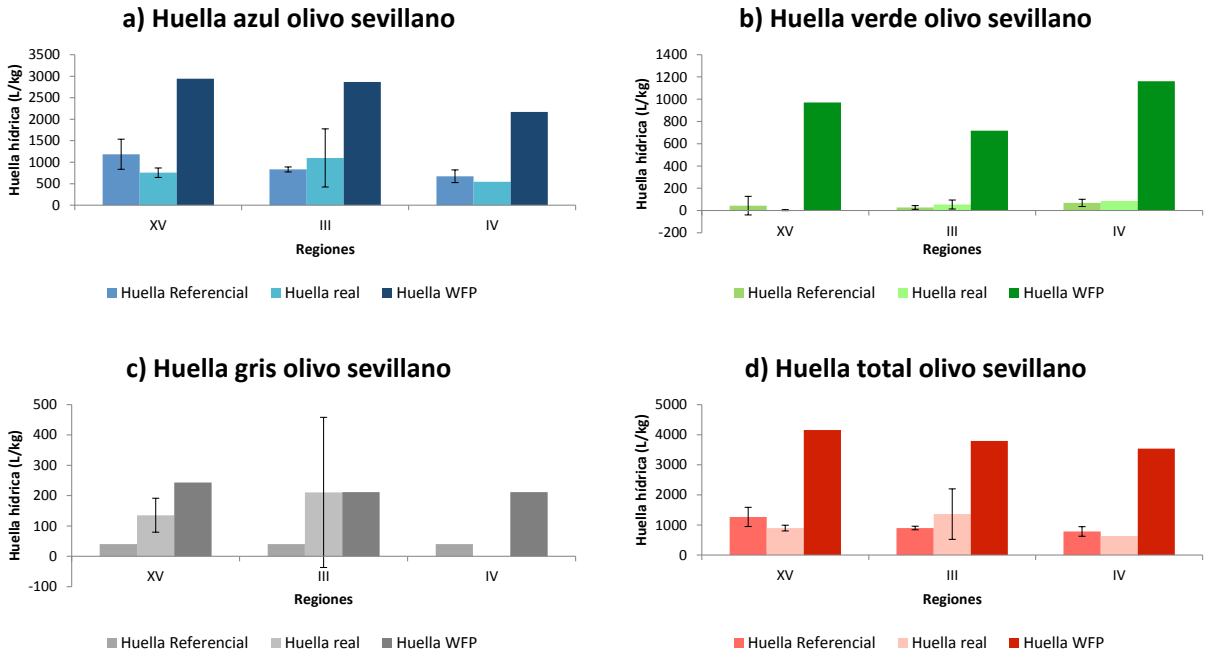


Figura 28. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Olivo Sevillano en las Regiones de Arica y Parinacota, Atacama y Coquimbo. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

En primera instancia es necesario dejar en claro que el Water Footprint no diferencia entre las variedades sevillana y arbequina, por lo tanto se utilizaron los mismos valores para ambas variedades.

La huella estimada por el Water Footprint es ampliamente mayor que la huella real tanto para la huella azul como para la verde, mientras que en huella gris, sin dejar de ser mayor la huella estimada por el Water Footprint, la diferencia es menos notoria.

Al comparar la huella real con la huella referencial observamos que la primera es levemente mayor, en la huella azul, verde, gris y total, siendo esta diferencia menos notoria para la huella azul en la Región de Arica y Parinacota y Coquimbo.

2.2. Olivo variedad Arbequina

Las Figuras 29 a, b, c y d, muestran los valores de huella hídrica referencial, real y la estimada por el Water Footprint para olivo variedad Arbequina, para las principales regiones productoras.

Se observa que la huella real es mayor que la estimada por el Water Footprint en varias de las regiones analizadas, siendo la Región de O'Higgins donde la huella real es mayor en todas las componentes de la huella total. Sin embargo, también existen regiones donde la huella estimada por el Water Footprint es mayor, como es el caso de las regiones de Atacama y Coquimbo.

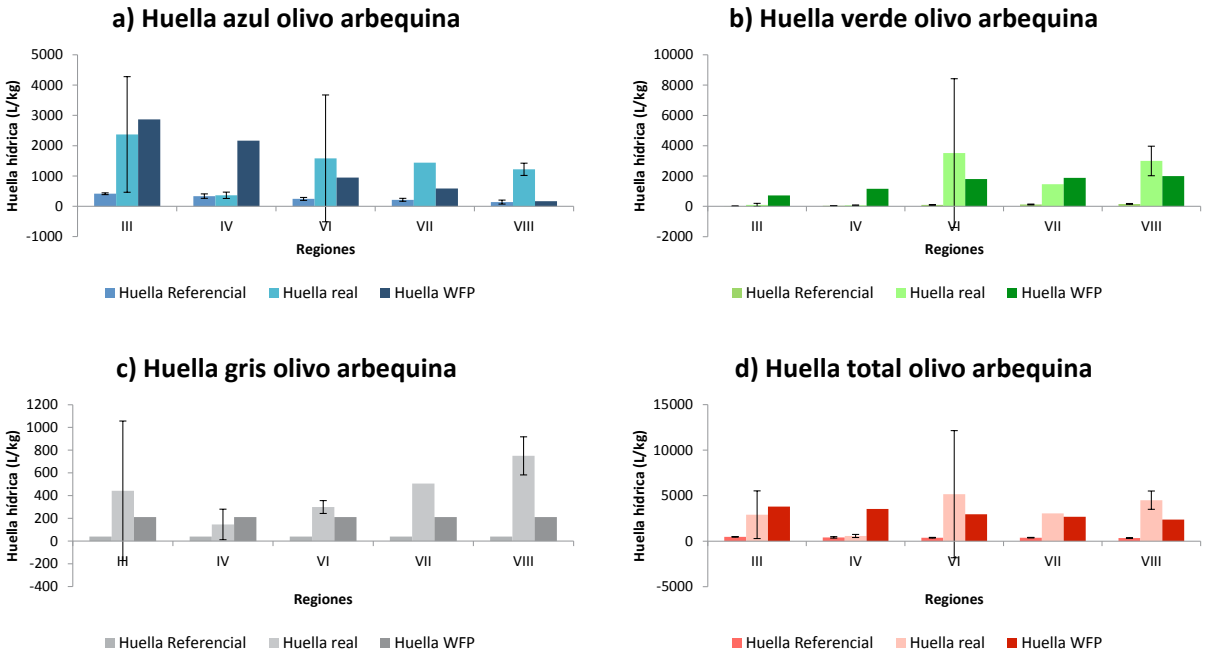


Figura 29. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Olivo Arbequina en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

Al comparar la huella real con la huella referencial estimada en este estudio, la huella real es mayor en todas las regiones y en la huella azul, verde, gris y total.

En la figura 30, se observa una comparación entre los principales países productores de olivas con sus huellas hídricas correspondientes.

Chile y Argentina presentan la huella total más alta, influenciada principalmente por la huella verde; luego Italia y España presentan una huella total con valores medios, pero el Water Footprint no considera huella gris para estos países, por lo que sus valores de huella total podrían ser mayores si se incluyera esa información.

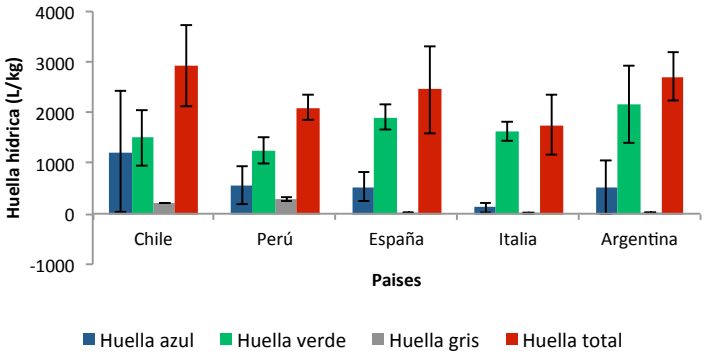


Figura 30. Comparación entre los principales países productores de olivas según valores de huella hídrica entregados por el Water Footprint.

La principal zona cultivada con Arbequina en el mundo es la península Ibérica, desde donde es originaria.

Como una manera de comparar la situación de esta variedad en la península iberica, se determinó su Huella Hídrica cuyos resultados se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Huella hídrica real (parcial y total), obtenida en dos países mediterráneos, de donde es originaria la variedad de olivo Arbequina.

País	Localidad	Huella Hídrica (L/kg)			
		Azul	Verde	Gris	**Total**
España	**Tarragona**	274,1	208,6	115,5	**598,2**
	Tarragona	380,7	333,4	47,3	**761,3**
	Ubeda	84,5	198,4	135,8	**418,7**
Portugal	**Alentejo**	200,3	297,7	122,3	**620,4**

La Huella real determinada en Chile es mayor a la registrada en España y Portugal para la misma variedad (Arbequina). En estos países, las producciones obtenidas son más uniformes, a diferencia de lo encontrado en Chile, donde se produce una gran variabilidad de producción y de manejo del agua; lo que sin duda sería el causante de los altos valores de la Huella hídrica real.

3. Conclusiones

La determinación de la huella hídrica en el cultivo del olivo permitió detectar principalmente dos irregularidades en manejo del cultivo que tienen directa relación con la producción. Una es la heterogeneidad en el uso del agua de riego y la otra son las dosis de fertilizantes, donde en ambos casos los momentos de aplicación no se condicen con la demanda que presenta la especie.

Las diferentes zonas productivas manejan el recurso hídrico en forma independiente a la disponibilidad que éste presenta en la cuenca, lo que en casos críticos como en el norte de Chile, afecta la sustentabilidad del sistema.

Se hace necesario capacitar a productores en el uso del agua de riego y en la fertilización, considerando no solo aspectos de demanda evapotranspirativa, sino también, de capacidades químicas y físicas de suelo y de las plantas (estados fenológicos y sanitarios).

Para determinar la huella hídrica real, es necesario considerar el factor de disponibilidad del recurso existente según la zona, lo que demandará un estudio más específico que contemple aspectos económicos y ecológicos en el uso del agua.

Capítulo 7

Huella Hídrica en Cítricos

- Raúl Ferreyra Espada
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 7

Huella hídrica en Cítricos

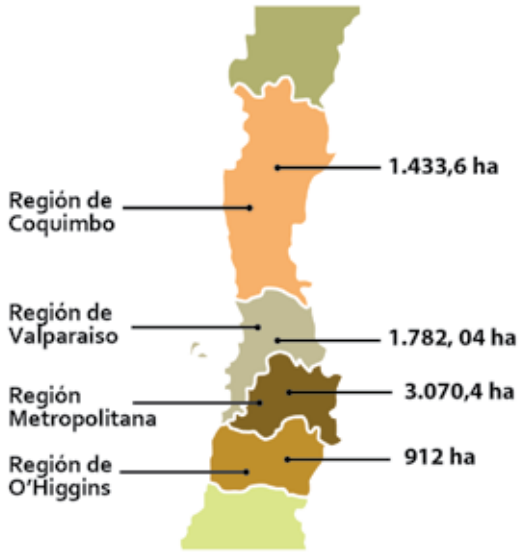


Figura 31. Superficie de Limoneros por Región

El cultivo de los cítricos se encuentra asociado principalmente a 3 especies, Limones, Mandarinas y Naranjas, las cuales en conjunto alcanzan una superficie plantada superior a las 20.000 ha, cuyo mercado objetivo es el de exportación. A continuación se analiza cada uno de estos cultivos.

a. Limón

El limonero *(Citrus limón)* es un árbol de hoja persistente, de alto vigor. Presenta un coeficiente de cultivo (kc), según FAO, de 0,65 y en general las plantaciones adultas de limonero en Chile se fertiliza con 250 a 300 kilos por ha de nitrógeno.

Desde el punto de vista de la producción, las variedades de limoneros se pueden dividir en tres grupos: variedades de invierno o tardías (Génova y Lisboa), variedades de otoño o tempranas (Fino 49, Fino 95 y Messina) y la variedad Eureka que es refloreciente.

Según el último censo agropecuario del año 2007 en Chile existen 7.973,97 ha plantadas con limoneros, concentrándose el 38,5% de dicha superficie en la Región Metropolitana, le siguen las Regiones de Coquimbo y Valparaíso con un 17,97% y un 22,34%, respectivamente. Estas tres regiones en conjunto, representan el 75% de la superficie nacional de limoneros (Figura 31).

Según cifras de ODEPA, en Chile, en el año 2005, se exportaron 35.025 ton de limones, siendo los principales países importadores Estados Unidos (58,09%) y Japón (38,89%), quienes reciben más del 90% de los limones exportados.

El cultivo de Limonero se extiende principalmente entre la Región de Coquimbo hasta la Región Metropolitana, siendo las cuencas de Elqui, Limarí, Choapa, Petorca, La Ligua, Aconcagua y Maipo, las más representativas.

b. Mandarino

El mandarino es un árbol de hoja persistente de altura media, y agrupa varias especies como las clementinas, satsumas, tangerinas entre otras. El desarrollo del cultivo de mandarinos se ha centrado principalmente en las clementinas *(Citrus clementina Blanco)*, particularmente en la variedad Clemenule. Las mandarinas presentan un coeficiente de cultivo (kc), según FAO 56, de 0,65, que se mantiene constante para toda la temporada debido a que es un árbol de hoja persistente. Las plantaciones adultas de mandarinos en general se fertilizan con 140 a 160 kilos de nitrógeno por ha.

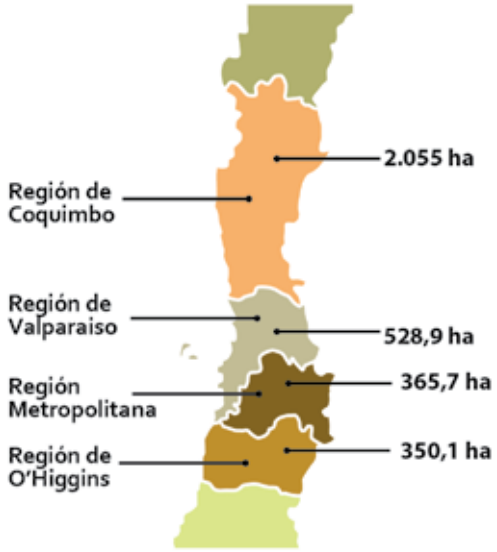


Figura 32. Superficie de Mandarino por Región

En Chile según el Censo Agropecuario del año 2007, existen 3.400 ha plantadas con mandarinas, de las cuales el 61% se encuentra en la Región de Coquimbo, el 16% en la Región de Valparaíso y el 11% y 10% en las regiones Metropolitana y del Libertador Bernardo O'Higgins respectivamente (Figura 32).

El mercado de las mandarinas se basa principalmente en la exportación, según datos de ODEPA, Chile exportó el año 2005, 21.681 ton de mandarinas a distintos países del mundo, siendo los principales mercados Estados Unidos con un 37,07%, Canadá con un 19,52% y Reino Unido con un 21,12%, representando más del 77% de las exportaciones de mandarinas.

El cultivo de Mandarino se extiende principalmente entre la Región de Coquimbo hasta la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, siendo las cuencas de Elqui, Limarí, Choapa, Petorca, La Ligua, Aconcagua y Maipo, las más representativas.

c. Naranjo

El naranjo *(Citrus sinensis)* es un árbol de hoja persistente, de tamaño pequeño. En Chile se producen principalmente naranjas de ombligo (Navel), en desmedro de las naranjas comunes (Valencia, Salustiana, etc.). Dentro de las naranjas Navel las principales variedades usadas para exportación se clasifican en: tempranas, donde se encuentra la variedad Fukumoto; las medias tempranas, donde se ubican las variedades Washington Parent y Atwood y las tardías, donde se encuentran las variedades Lane Late y Barnfield. El naranjo presenta un coeficiente de cultivo (kc) de 0,65 y una profundidad de raíces de aproximadamente 80 cm. En plantaciones adultas de naranjo generalmente se fertiliza con 140 a 180 kilos por ha de nitrógeno.

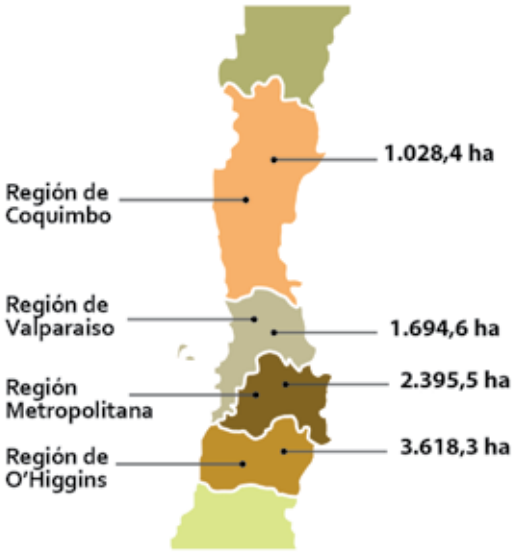


Figura 33. Superficie de Naranjos por Región

En Chile existen 9.290 ha plantadas de naranjos, concentrándose el 38,9% en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, un 25,8% en la Región Metropolitana, un 19,6% en la Región de Valparaíso y un 11,1% la Región de Coquimbo, las que abarcan en su conjunto el 95,4% de la producción nacional, según cifras del Censo Agropecuario 2007 (Figura 33).

Los principales mercados de exportación según ODEPA en el año 2005 son Japón que concentra el 55% del volumen exportado, Canadá con el 18%, España con un 11% y Holanda con un 7%, constituyéndose en los destinos más importantes para esta fruta. En una escala más baja se encuentran los países

latinoamericanos, con pequeños volúmenes importados.

El cultivo de Naranjo se extiende principalmente entre la Región de Coquimbo hasta la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, siendo las cuencas de Elqui, Limarí, Choapa, Petorca ,la Ligua, Aconcagua y Maipo, las más representativas.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 17, se presentan los resultados de la huella hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 17. Huella hídrica para Cítricos por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Coquimbo	Elqui	Naranja	143,2	38,53	24	205,7	171,4	16,72	24	212,1	137,9	19,56	24	181,5
		Limón	179	48,17	24	251,1	220,3	14,46	24	258,8	180,8	16,05	24	220,8
		Mandarina	179	48,17	24	251,1	220,3	14,46	24	258,8	180,8	16,05	24	220,8
	Limarí	Naranja	143,2	38,53	24	205,7	160,9	30,67	24	215,5	112,4	24,85	24	161,2
		Limón	179	48,17	24	251,1	216	23,46	24	263,4	156	15,52	24	195,6
		Mandarina	179	48,17	24	251,1	216	23,46	24	263,4	156	15,52	24	195,6
	Choapa	Naranja	143,2	38,53	24	205,7	134,1	24,65	24	182,8	143,2	38,53	24	205,7
		Limón	179	48,17	24	251,1	175,3	23,14	24	222,5	179	48,17	24	251,1
		Mandarina	179	48,17	24	251,1	175,3	23,14	24	222,5	179	48,17	24	251,1
Valparaíso	Petorca	Naranja	104,6	38,69	24	167,3	141,8	28,24	24	194	120,4	31,91	24	176,4
		Limón	130,8	48,36	24	203,2	177,2	35,3	24	236,6	150,6	39,89	24	214,5
		Mandarina	130,8	48,36	24	203,2	177,2	35,3	24	236,6	150,6	39,89	24	214,5
	La Ligua	Naranja	104,6	38,69	24	167,3	125,3	34,01	24	183,3	118,2	35,92	24	178,1
		Limón	130,8	48,36	24	203,2	156,6	42,52	24	223,2	147,7	44,89	24	216,6
		Mandarina	130,8	48,36	24	203,2	156,6	42,52	24	223,2	147,7	44,89	24	216,6
Metropolitana	Aconcagua	Naranja	94,75	39,91	24	158,7	126,3	33,72	24	184	108	37,37	24	169,4
		Limón	118,1	49,77	24	191,9	157,8	42,15	24	224	135	46,71	24	205,7
		Mandarina	118,1	49,77	24	191,9	157,8	42,15	24	224	135	46,71	24	205,7
	Maipo	Naranja	83,43	48,13	24	155,6	123,9	36,34	24	184,2	119,4	36,59	24	180
		Limón	104,3	60,17	24	188,5	154,9	45,43	24	224,3	149,3	45,74	24	219
		Mandarina	20	144,5	24	188,5	115,4	84,7	24	224	108,4	84,4	24	216,8

En el caso de los cítricos, los valores altos de huella hídrica, se obtienen en la zona media de la cuenca del Limarí tanto para la naranja, mandarina y limón, siendo este último el que presenta el valor más alto. Por otra parte, en los tres cultivos, los valores más bajos de este indicador se obtienen en la zona alta del Maipo, siendo la naranja, la que presenta el menor valor.

La huella azul, se comporta de forma similar que la huella total, obteniéndose los valores más altos en la cuenca del Limarí en el cultivo del limón, y los más bajos en la cuenca del Maipo en el cultivo del naranjo. En el caso de la huella verde, los valores en los cuales este indicador es más alto, es en la zona alta del Maipo en el cultivo del Limón, y los más bajos en la zona media de la cuenca del Elqui, en mandarina.

2. Huella hídrica real

2.1. Huella hídrica real en limón

En las Figuras 34a, b, c y d se presentan solamente los valores de huella hídrica referencial y , comparándolo con los valores informados por el Water Footprint para limones, en las principales regiones productoras, no considerandose la huella real, dado que no se obtuvo información para su calculo.

La huella hídrica estimada por el Water Footprint, es mayor en todos las componentes de la huella hídrica, al ser comparada con la huella estimada en éste estudio. Además la huella verde estimada por el Water Footprint considera valores similares para todas las regiones entre Atacama y O'Higgins, lo cual invalida el cálculo de la huella verde.

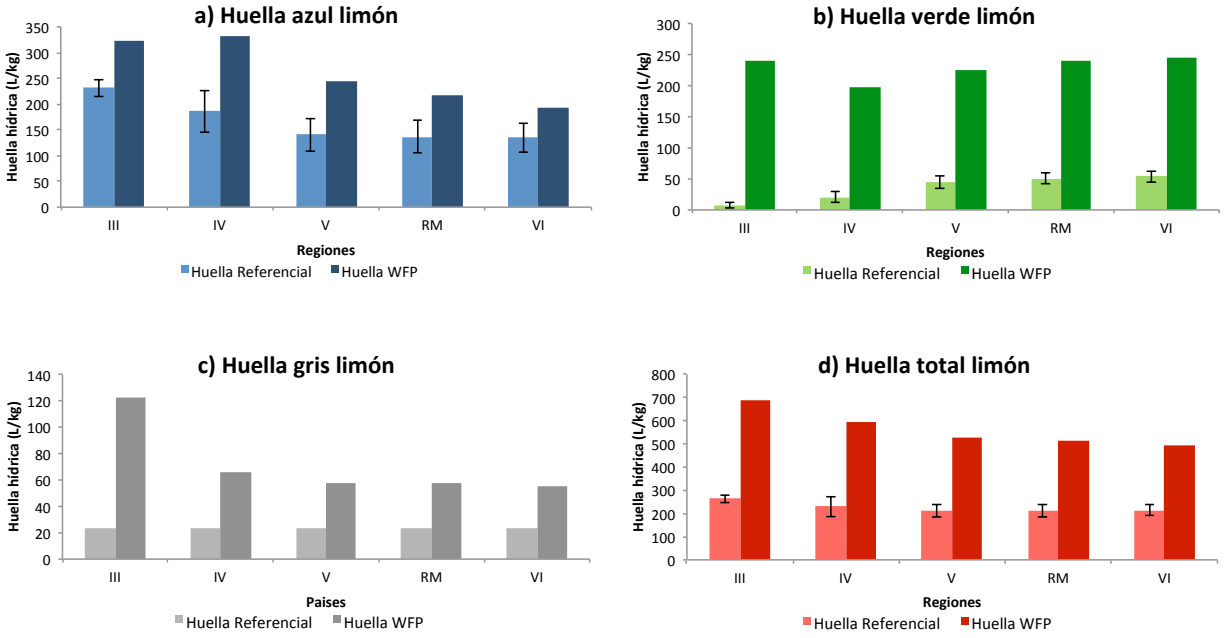


Figura 34. Comparación de huella hídrica, referencial y la estimada por WFP en Limón para las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 35 muestra los principales países productores de limón, con sus respectivas huellas hídricas para este cultivo, informada por el Water Footprint.

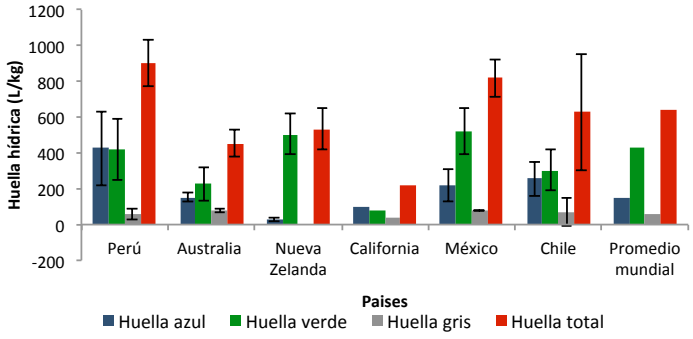


Figura 35. Comparación entre los principales países productores de limón, según información entregada por el Water Footprint.

Perú presenta la huella total más alta, debido principalmente a los componentes azul y verde que se encuentran en un rango similar. Luego México presenta una huella total alta, pero mayormente influenciada por la huella verde. En un rango medio se encuentran Chile, Nueva Zelanda y Australia, pero nuevamente Nueva Zelanda no cuenta con información de huella gris y la componente que más influye en la magnitud de su huella total es la verde. La huella total más baja es para California, donde la huella azul es la componente más alta.

2.2. Huella hídrica real en mandarina

Las Figuras 36a, b, c, y d muestra los valores solo de huella real y referencial para el cultivo de la mandarina, ya que el Water Footprint no considera huella hídrica para este cultivo en Chile.

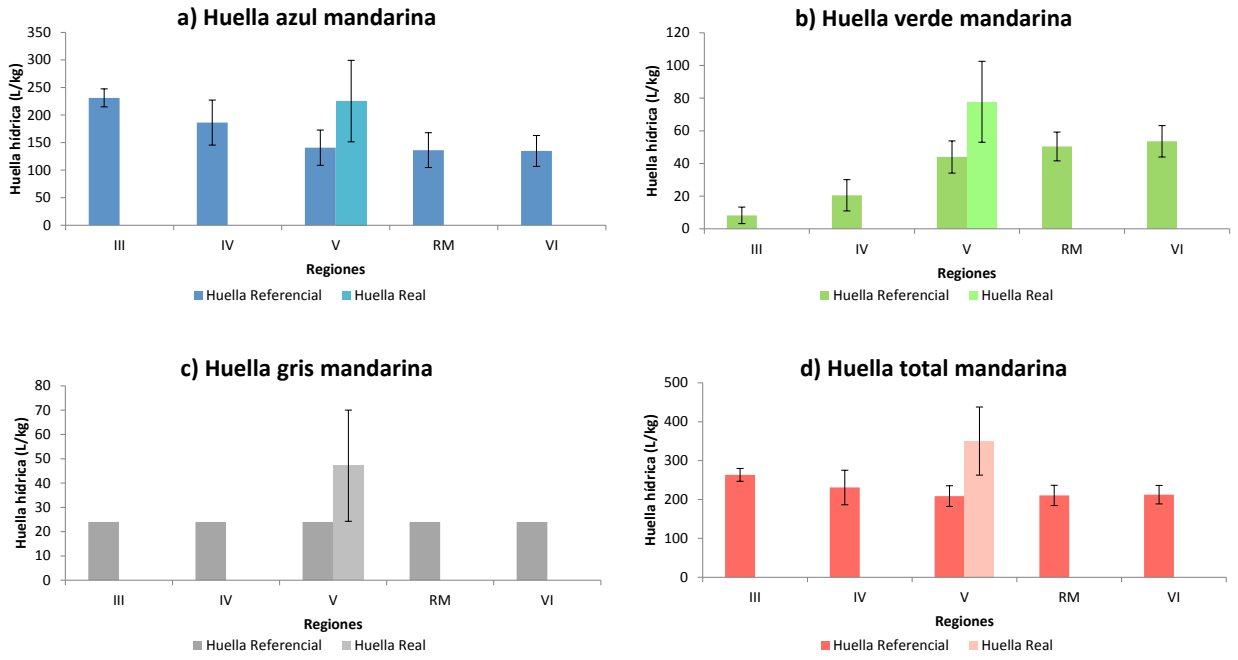


Figura 36. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Mandarina para las Regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La huella real calculada fue mayor a la referencial en todos sus componentes en aquellas regiones donde fue calculada; siendo la huella azul y gris las que presentan mayores diferencias.

2.3. Huella hídrica real en naranja

En las Figuras 37a, b, c y d se presentan los valores obtenidos para la huella referencial, para la huella real y los entregados por el Water Footprint, para el cultivo de la naranja, en las principales regiones productoras.

Las huellas calculadas por el Water Footprint son mayores que la huella real en dos de las tres componentes de la huella total, siendo solo la huella gris la que presenta una huella real más alta. Por otro lado la huella real es mayor que la huella referencial en la región de Valparaíso, en todos sus componentes.

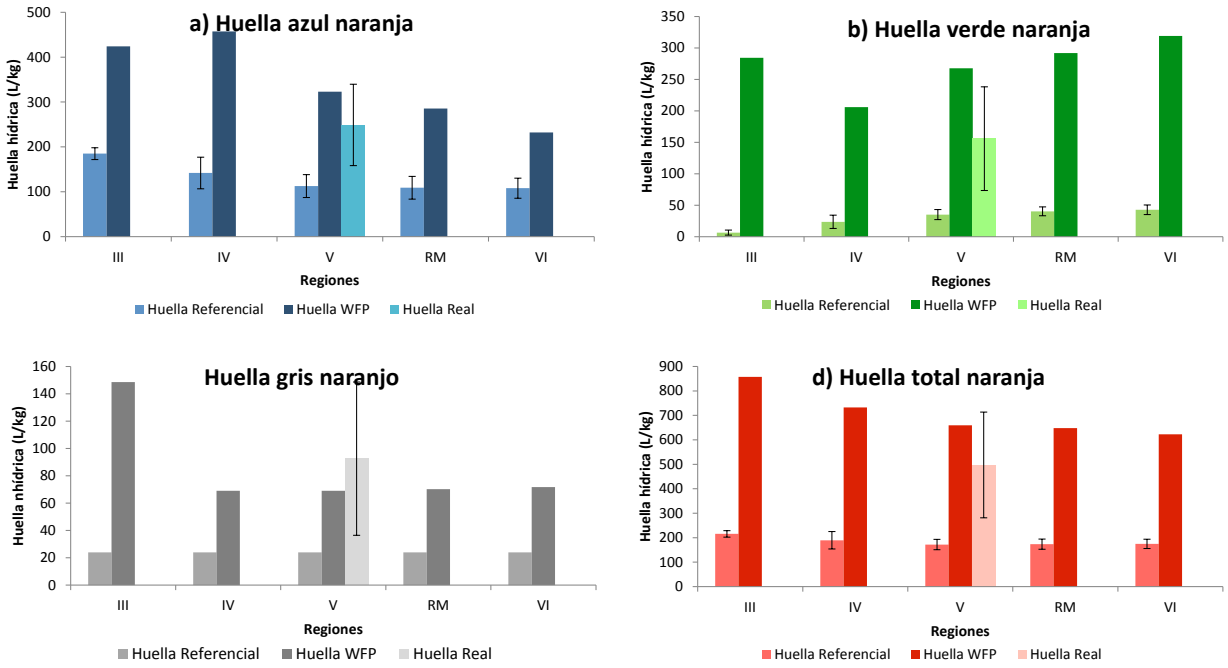


Figura 37. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Naranja para las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 38, muestra los distintos países productores de naranja con las distintas componentes de la huella hídrica.

Perú es el país con la mayor huella total, influenciada por los valores de huella verde, más que por la huella azul, a continuación México presenta una alta huella total, siendo responsable de ese valor la huella verde. Con valores intermedios de huella total se encuentran Chile, Nueva Zelanda y Australia, Cabe destacar que al igual que en el limón, el Water Footprint, para Nueva Zelanda no informa valores de huella gris. En estos tres países la huella verde aumenta los valores de huella total, pero en Chile la diferencia entre la huella azul y verde es poco significativa, por ultimo con los valores más bajos de huella total esta California, siendo la huella azul la componente de mayor magnitud.

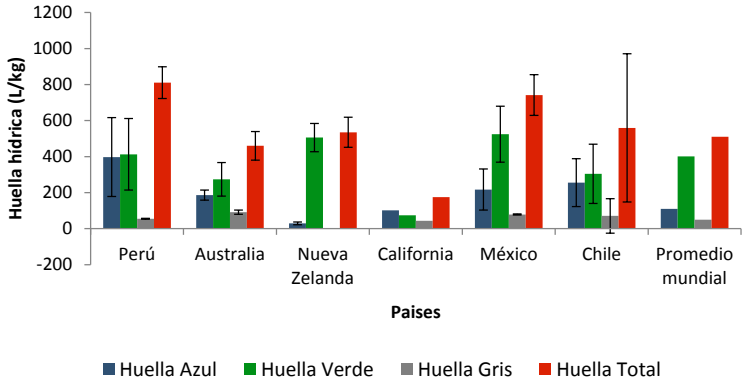


Figura 38. Comparación de huella hídrica para naranja con los principales países productores según datos del Water Footprint.

3. Conclusiones

Los valores más altos de la huella hídrica referencial en cítricos, se obtienen en la zona media del valle del Limarí, tanto en naranja, mandarina y limón, siendo este último quien presenta los valores más altos de este indicador. Por otra parte, para los tres cultivos, los valores más bajos de este indicador se obtienen en la zona alta del Maipo, siendo la naranja, la que presenta el menor valor.

La huella azul, se comporta de forma similar que la huella total, siendo los valores más altos en la cuenca del Limarí y en el cultivo del limón, y los más bajos en la cuenca del Maipo en naranja.

En el caso de la huella verde, los valores de este indicador son más altos, en la zona alta del Maipo, es en la zona alta del Maipo en el cultivo del limón, y los más bajos en la zona media de la cuenca del Elqui, en el cultivo de la mandarina.

Con respecto a la huella hídrica real, tanto en naranja y mandarina, es mayor que la de referencia; sin embargo, son menores si se comparan con las estimadas por el WFP.

Capítulo 8

Huella Hídrica en Cerezas

- Alejandro Antúnez Barría
- Paula Riquelme Salinas
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 8

Huella hídrica en Cerezas

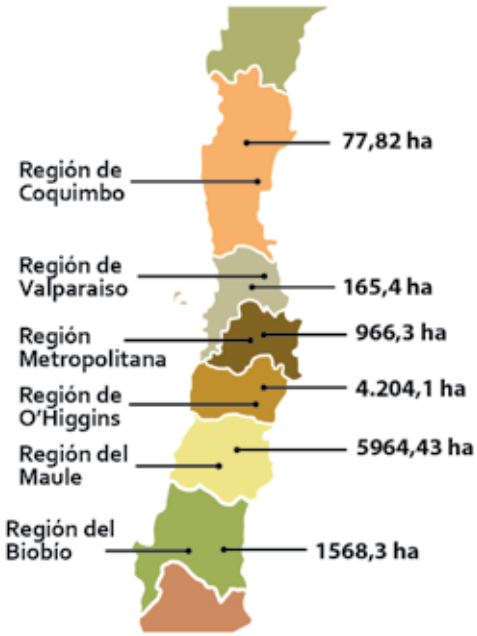


Figura 39. Superficie de Cerezos por Región.

El cerezo es un árbol de hoja caduca, que potencialmente puede alcanzar hasta los 20 metros de altura. Su madera, dura y de color pardo rojizo, es muy atractiva comercialmente.

Dependiendo del cultivar los cerezos requieren entre 400 a 1500 horas bajo 7,2 °C, aunque en Chile también se cultivan variedades con bajo requerimiento de frío (400 a 600 horas). La temperatura mínima de crecimiento vegetativo es de 7 °C y con temperaturas superiores a los 36 °C en verano, se limita el crecimiento. Algunos cultivares plantados en Chile son: Bing, Bigarreaux Napoleón, Van, Lapins, Lambert y Early Burlat.

El cultivo del cerezo se ha desarrollado tradicionalmente en las regiones del centro sur (de O'Higgins, del Maule y del Biobío), pero en los últimos años ha experimentado una expansión territorial hacia las regiones de Coquimbo y de Valparaíso y una búsqueda de cambios varietales a fin de lograr mayor precocidad, resistencia a factores ambientales y ampliación del período de cosecha.

La superficie cultivada en el país según los datos obtenidos del último Censo Agropecuario, es aproximadamente de 13.500 ha, distribuidas desde la Región de Coquimbo a la del Biobío. Las regiones sureñas concentran cerca del 80% de dicha superficie (Figura 39).

Los principales países a los que se exporta cereza son: EEUU, Taiwán, China, Brasil, Holanda, Reino Unido, Hong Kong, Japón y México, siendo las exportaciones de cerezas frescas mayores que las en conserva y procesadas.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 18, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 18: Huella hídrica para Cerezas por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Coquimbo	Elqui	1548,4	332,7	21,3	1902,4	1626,1	321,7	21,3	1969,0	1124,6	231,3	21,3	1377,2
	Limarí	1548,4	332,7	21,3	1902,4	1077,8	323,1	21,3	1422,2	1167,7	251,5	21,3	1440,5
Valparaíso	Aconcagua	822,3	537,5	21,3	1188,3	941,6	311,1	21,3	941,6	729,6	365,7	21,3	1116,6
Metropolitana	Maipo	519,1	330,7	21,3	871,1	749,7	272,8	21,3	1043,8	750,3	291,8	21,3	1063,4
O'Higgins	Cachapoal	447,5	199,0	21,3	667,8	569,3	196,1	21,3	786,7	629,7	190,9	21,3	841,9
	Tinguiririca	404,9	212,6	21,3	638,8	595,2	195,1	21,3	811,6	597,8	194,9	21,3	814,0

La cereza, los valores de huella hídrica total más altos de este producto, se obtienen en la zona media de la cuenca del Elqui. Hacia el sur de la zona cultivada, la huella hídrica va disminuyendo, siendo la zona alta del Tinguiririca, la que presenta los valores más bajos. La huella Azul, se comporta de forma semejante, con valores más altos en la cuenca del Elqui, y los más bajos en la cuenca del Tinguiririca.

Por otra parte, la huella hídrica verde, presenta los mayores valores en la zona baja de la cuenca del Aconcagua y los más bajos, en la zona media de la cuenca del Elqui.

2. Huella hídrica real

Las Figuras 40a, b, c y d muestran la huella real, referencial y la informada por el Water Footprint para cerezos. Los valores informados por el Water Footprint son altos en todas las componentes de la huella hídrica. Esta diferencia es más notoria en la Región de O'Higgins. Por otra parte, los valores de huella hídrica real estimados, son menores que los referenciales en el componente azul y verde.

En general, la huella verde informada en el Water Footprint es muy elevada con respecto a la referencial, siendo similar en regiones con registros de precipitaciones tan distintas como la Región de Coquimbo y la del Maule.

La huella gris también aparece sobrestimada por el Water Footprint, llegando a valores que triplican lo calculado para las regiones productoras de cereza en el país.

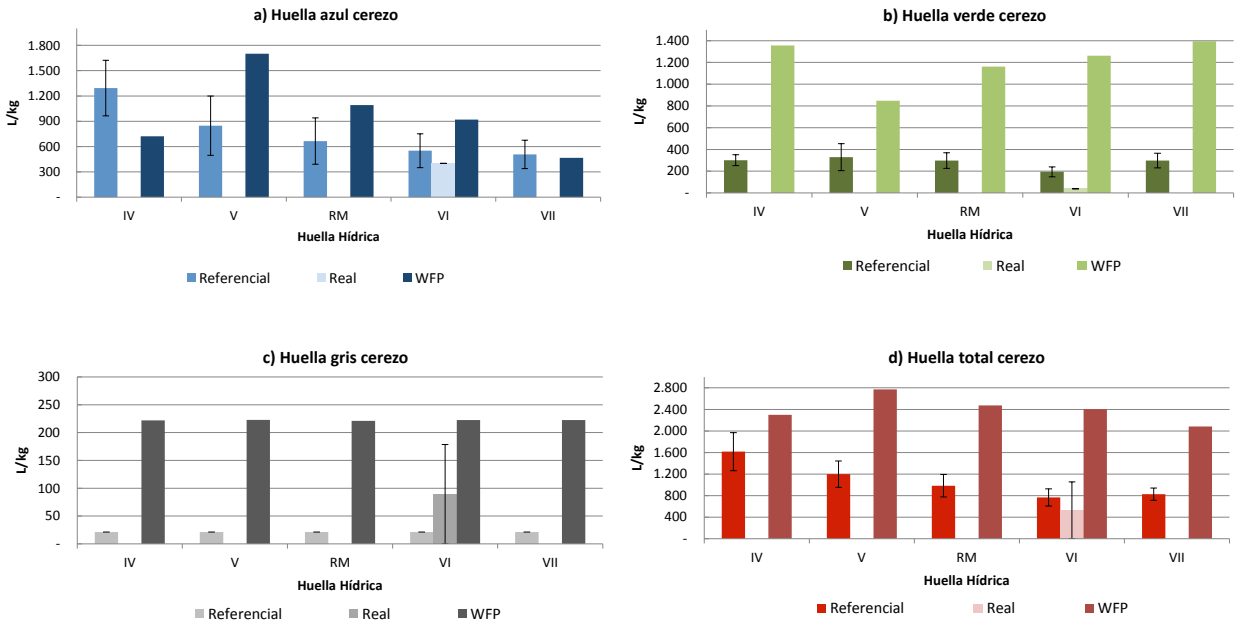


Figura 40. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en cerezo para las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 41 muestra los distintos países productores de cerezos con sus respectivas huellas hídricas informadas por el Water Footprint, siendo Sudáfrica quien presenta los valores más altos de dicho indicador, influenciado tanto por la huella azul como por la verde; España y Chile muestran valores medios altos, pero influenciados por los niveles de huella verde calculados; con valores medios bajos se encuentran Estados Unidos y Argentina debido principalmente a valores bajos en la huella azul. Australia presenta los menores rangos, pero en el valor de huella total no está incluido el valor de huella gris, ya que no fue considerado por el Water Footprint para el cultivo en dicho país.

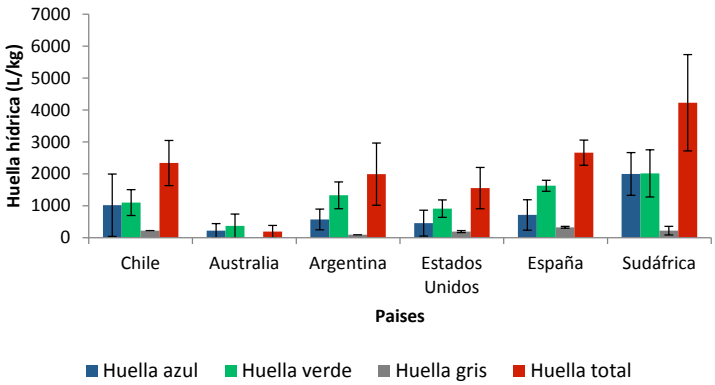


Figura 41. Comparación entre los principales productores de cerezos según valores de huella hídrica entregados por el Water Footprint.

3. Conclusiones

El cerezo presenta huellas hídricas reales, tanto azul como verde menores que las de referencia y de las informadas por el Water Footprint.

La huella gris calculada para la cereza en la Región de O'Higgins, aparece mayor que la referencial, demostrando la necesidad de ajustar la dosis de fertilización nitrogenada de acuerdo a análisis de suelo y a los rendimientos potenciales del huerto en esta condición agroecológica.

Asimismo, la huella real total del cultivo, superior a la referencial, refleja brechas importantes en relación a los rendimientos potenciales del cultivo en la Región de O'Higgins. Esta situación representa oportunidades de mejoramiento de los rendimientos potenciales del cultivo, por medio de la adopción de mejores prácticas de cultivo del cerezo en la Región.

Agradecimientos.

Los autores agradecen Andrea Muñoz Gacitúa, egresada de Agronomía de la Universidad Mayor por su colaboración en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 9

Huella Hídrica en Tomate Fresco

- Abelardo Villavicencio Poblete
- Paula Riquelme Salinas
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 9

Huella hídrica en Tomate Fresco

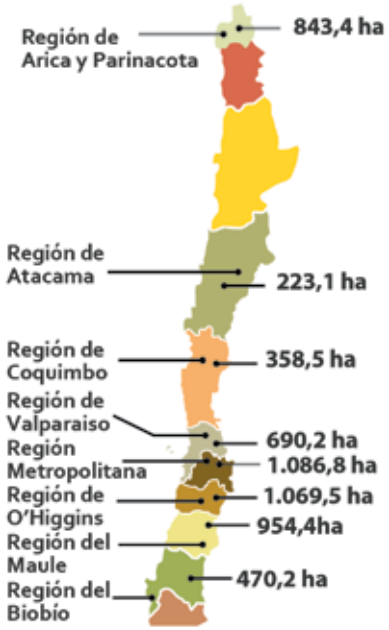


Figura 42. Superficie Cultivada con Tomate Fresco por Regiones

El tomate es la hortaliza más cultivada en el mundo. En el año 2002 se plantaron 3.998.219 hectáreas con una producción total de 107.972.098 toneladas (la cifra incluye tomate para consumo fresco e industrial). El consumo mundial per cápita en el año 2000 fue de 14,9 kg anuales (FAO, 2006).

En Chile se cultivan según el último censo agropecuario, 6.000 hectáreas de tomate fresco. Según el VII Censo Nacional Agropecuario (INE, 2007), en el país se dedican al cultivo 7.531 explotaciones y el 70% de la superficie se concentra entre las regiones de Valparaíso y Maule. Los cultivos al aire libre de la zona central del país se cosechan en verano, produciéndose entonces la mayor oferta en el mercado.

La zona centro-norte, principalmente las regiones de Atacama y Coquimbo, son productoras de primores, que abastecen al mercado antes de que comience la cosecha de la zona central, alcanzando precios significativamente mayores. La producción de tomate al aire libre se concentra en la Región Metropolitana con un 19,9 %, la Región de O'Higgins con un 18,5 % y la Región de Arica y Parinacota con un 15,9 % del total nacional. (Figura 42).

La producción en invernaderos, concentrada entre las regiones de Atacama y Maule, tiene fundamentalmente dos períodos de cosecha: otoño y primavera.
Figura 42. Superficie cultivada con tomate fresco

Esta producción, de alto costo y cuyos productores ocupan un alto estándar tecnológico, también obtiene los mayores precios en el mercado interno. La producción de tomate bajo invernadero se ha concentrado tradicionalmente en la Región de Valparaíso, particularmente en las comunas de Quillota, Limache y Olmué. La concentración de la producción de tomate en algunas zonas de esta Región se ha dado básicamente por su condición climática.

Tomate al Aire Libre.

El tomate cultivado corresponde, básicamente, a L. esculentum, aunque también se cultiva una fracción de la variedad botánica cerasiforme y de Lycopersicon pimpinellifolium ("cherry", "cereza", o "de cóctel"). Aunque el tomate puede producirse en una amplia gama de condiciones de suelos, los mejores resultados se obtienen en suelos profundos (1 m o más), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en el perfil. Suelos con temperaturas entre los 15 y 25°C favorecen un óptimo establecimiento del cultivo después del trasplante. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10 ºC así como superiores a los 30 ºC originan tonalidades amarillentas.

Las cuencas en las que se produce tomate al aire libre son: San José, Copiapó, Elqui, Limarí, Aconcagua, Maipo, Mapocho, Cachapoal, Maule, Itata y del Biobío, donde es posible apreciar cultivos en invierno en el norte y de primavera en la zona central.

Es una hortaliza ampliamente cultivada por pequeños y medianos agricultores, y que por características geográficas y climáticas del país, además del uso de variedades de hábito indeterminado, hacen posible tener este producto durante todo el año en el mercado. En efecto, la temporada comienza con la producción invernal de Arica, desde mediados de mayo hasta agosto y que es comercializada en la zona central, luego es desplazada por la producción en invernadero de Copiapó y de Ovalle. Hacia fines de octubre la producción en invernadero de la Región de Valparaíso (Quillota, Limache) abastece el mercado hasta fines de diciembre, cuando ya aparecen los primeros tomates tempranos de la zona central. Las plena temporada de tomate fresco, suplida por la zona central (Regiones Metropolitana, O'Higgins y Maule), se extiende hasta principios de abril; mientras que la producción al aire libre de Ovalle tiene un importante rol en el abastecimiento del mercado en la temporada tardía, la que se extiende desde principios de abril hasta mediados de mayo, cuando enlaza con la producción de Arica.

1. Huella hídrica referencial, para tomate fresco

En la Tabla 19, se presentan los resultados de la huella hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 19. Huella hídrica referencial, Tomate Fresco por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg)

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Arica y parinacota	San José	89,1	0,0	37,3	126,4	69,4	0,0	37,3	106,7	95,6	0,0	37,3	132,9
Coquimbo	Elqui	96,1	0,2	37,3	133,6	101,0	0,1	37,3	138,5	69,3	0,1	37,3	106,6
	Limarí	96,1	0,2	37,3	133,6	75,8	0,2	37,3	113,2	73,4	0,1	37,3	110,8
	Choapa	96,1	0,2	37,3	133,6	46,8	0,1	37,3	84,2	96,1	0,2	37,3	133,6
Valparaíso	Aconcagua	82,3	1,3	37,3	120,9	103,4	0,6	37,3	141,3	89,8	1,0	37,3	128,0
Metropolitana	Mapocho	83,7	1,0	37,3	121,9	101,4	0,4	37,3	139,1	96,5	0,6	37,3	134,3
	Maipo	75,0	1,2	37,3	113,4	98,2	0,5	37,3	136,0	99,0	0,6	37,3	136,8
O'Higgins	Cachapoal	75,9	1,8	37,3	115,0	95,0	1,3	37,3	133,6	103,5	0,8	37,3	141,7
Maule	Maule	69,6	1,0	37,3	107,9	98,8	1,3	37,3	137,4	94,8	1,0	37,3	133,1
Biobío	Itata	45,9	5,0	37,3	88,2	61,1	4,0	37,3	102,2	55,4	3,4	37,3	96,1

El valor promedio de huella hídrica referencial en cada cuenca de estudio, oscila entre 95,5 L/kg en Itata y 131,7 L/kg en la cuenca del Mapocho, con un promedio general de 123 L/kg de producto. Sin considerar el valor registrado en Itata, se advierte una tendencia creciente de la huella hídrica desde el norte hacia el centro del país, esto debido principalmente a la alta productividad del cultivo en el valle de Azapa, con 120 ton/ha comparado con 80 ton/ha como potencial de la zona central, se agrega además que el cultivo se realiza durante otoño-invierno y en la zona central es de primavera, con valores de evapotranspiración de referencia en alza desde primavera hacia verano, lo que presiona por huellas de mayor magnitud. El bajo valor en Itata, se explica por la menor demanda evapotranspirativa del tomate en la estación de cultivo, para dicha cuenca.

En la Tabla 19, se aprecia que en todas las cuencas de estudio el principal componente es la huella azul, seguida de la gris y con una huella verde, significativamente menor, lo que implica la alta dependencia del riego para la realización del cultivo.

Las variables que afectan la huella hídrica del tomate son principalmente la evapotranspiración, que es función de la ubicación del cultivo en cada distrito agroecológico en las diferentes cuencas, la época de

trasplante y la longitud del período de cultivo, aspectos que inciden en la huella azul; mientras que el nivel de fertilización nitrogenada, incide en la magnitud de la huella gris. Como se mencionó anteriormente, la huella verde es de baja relevancia dado el bajo nivel de precipitación efectiva que registra el cultivo durante su temporada de crecimiento y desarrollo en las diferentes cuencas.

2. Huella hídrica real

Para la estimación de la huella real, se tomaron datos de terreno mediante encuestas a productores ubicados en diferentes cuencas. En las Figuras 43a, b, c y d, se aprecian las diferencias en huella real (regiones de Arica y Parinacota, Coquimbo, Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins), referencial y la obtenida por el Water Footprint.

La Figura 43a, muestra la huella real azul, con una tendencia a ser de mayor magnitud que la de referencia en todas las cuencas; tendencia que se mantiene en la huella real gris, Figura 43c, excepto en cuencas de la Región de Arica y Parinacota y Región de O'Higgins. En el caso de huella verde sólo se manifiesta la huella de referencia (Figura 43b).

Al comparar las componentes de la huella hídrica estimada, con los valores indicados por el Water Footprint, estos últimos superan ampliamente lo referencial para el país, aspecto relevante ya que pone de manifiesto, la importancia de explicitar la fuente de datos, la ubicación del caso en estudio y los parámetros productivos como rendimiento y uso de fertilización nitrogenada, entre otros, lo que hace que la huella hídrica como indicador, sea altamente sitio específica, y dependiente de condiciones de manejo agronómico determinadas.

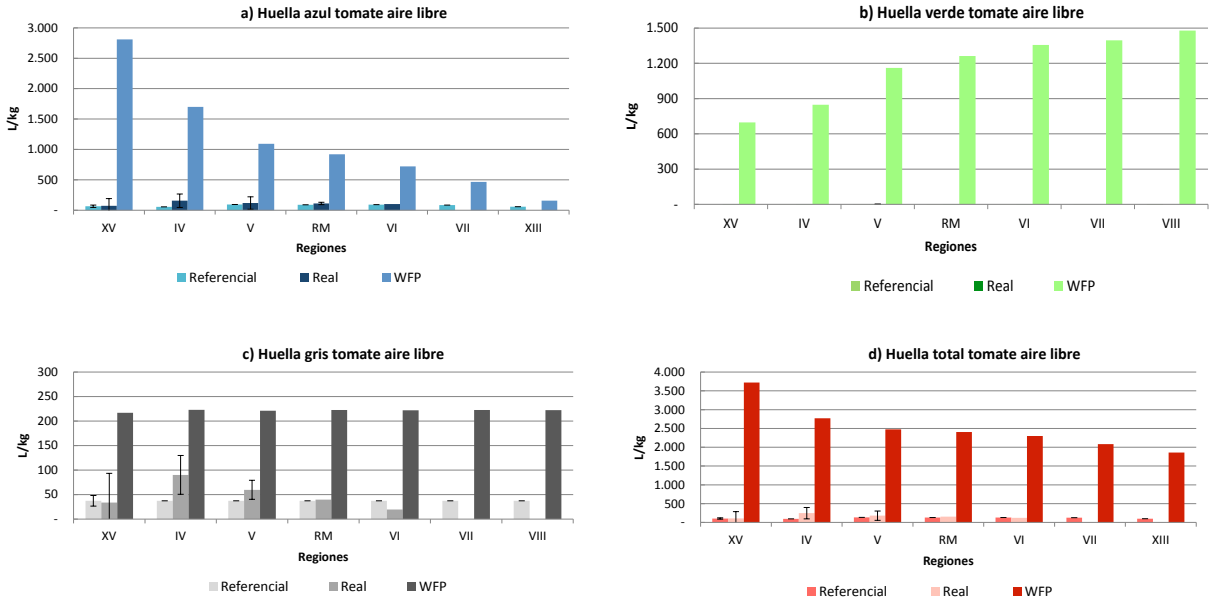


Figura 43. Comparación de los valores de huella azul referencial, real y del WFP en Tomate al Aire Libre en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

La Figura 44 muestra una comparación entre las huellas hídricas de los principales países productores de tomate, según reporte del Water Footprint, donde India posee las huellas más altas en todas las componentes, superando las huellas de los otros países, luego China, con valores medios altos de huella

total, influenciada principalmente por los valores de huella verde que son mayores a los de huella azul, mientras que con valores bajos se encuentran Turquía, USA y Chile.

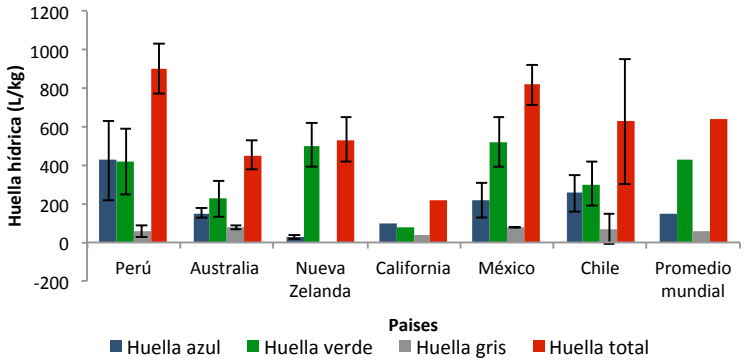


Figura 44. Comparación de huella hídrica para tomate fresco con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

3. Conclusiones

Las principales variables que definen la huella hídrica en tomate al aire libre en las diferentes regiones son: la ubicación geográfica que determina la evapotranspiración del cultivo, la longitud del periodo de cultivo, la época de plantación y el nivel de fertilización nitrogenada aplicada al cultivo.

Las vías de mejoramiento de la huella hídrica se relacionan directamente con la obtención de mayores niveles de productividad mediante el manejo agronómico optimizado de todos los factores que inciden en el rendimiento del cultivo.

La huella hídrica de un producto es un indicador altamente sitio específico y sensible a criterios de manejo agronómico, por lo que se recomienda utilizarlo con precaución, ya que contiene evidentes fuentes de incertezas que pueden alterar sus resultados e interpretación.

Capítulo 10

Huella Hídrica en Tomate Industrial

- Sofía Felmer Echeverría
- Paula Riquelme Salinas
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 10

Huella hídrica en Tomate Industrial

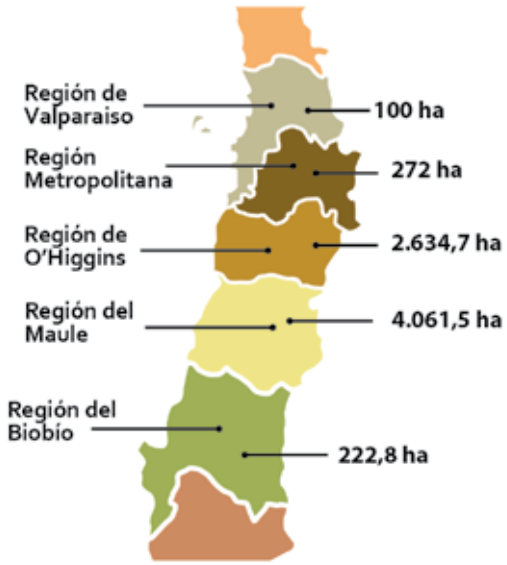


Figura 45. Superficie de Tomate Industrial por Región.

El tomate industrial, es una de las principales hortalizas cultivadas en Chile, con una superficie plantada de 6.325 ha en la temporada 2010/2011, concentrada en las regiones de O'Higgins y del Maule. La producción nacional se destina principalmente a la exportación, y se adapta anualmente a los stocks del mercado. La forma procesada en Chile es principalmente en pasta, con un 85% del total, un 14% destinado a salsas y no más de un 1% a cubos asépticos o enlatados.

La zona productora de tomate industrial corresponde al valle central, desde la Región de Valparaíso hasta el límite norte de la Región del Biobío, siendo la Región del Maule, la que concentra el mayor porcentaje de la superficie nacional (Figura 45), con un 56% de esta, seguida por la Región de O'Higgins con un 36%. El clima predominante en esta zona es templado, con veranos cálidos y secos e inviernos lluviosos y frescos. Las amplitudes térmicas diarias, son bastante pronunciadas. La estación seca (octubre – marzo), presenta una media mensual de precipitaciones muy baja.

En la temporada invernal, se presentan nevazones en la cordillera, las que constituyen la principal reserva hídrica para la temporada estival.

La temporada de plantación se inicia a mediados de septiembre, terminando a fines de noviembre. Por su parte la cosecha va desde fines de enero a principios de abril.

Estas últimas cosechas pueden presentar una menor calidad, debido a la mayor humedad relativa nocturna y a las precipitaciones, que normalmente se inician en este período.

El tomate es un cultivo de estación cálida. Su temperatura ideal es entre 18° y 27°C. El suelo ideal debe tener una buena capacidad de drenaje y una buena estructura física. Las raíces están presentes en los primeros 60cm de profundidad del suelo, con un 70% del volumen de las raíces total, en los primeros 20 cm de profundidad (Tjalling, 2006).

En cuanto a uso de recurso hídrico para riego, gran parte de los productores utiliza el riego gravitacional por surcos, el cual es de baja eficiencia, principalmente debido al mal manejo de los caudales en cabecera y desconocimiento por parte de los productores de frecuencias y tiempos de riego.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 20, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del tomate industrial.

Tabla 20: Huella hídrica para Tomate Industrial por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Metropolitana	Maipo	103,4	0,75	37,3	141,5	126,7	0,75	37,3	164,8	128,6	0,75	37,3	166,7
O'Higgins	Cachapoal	112,1	0,75	37,3	150,2	131,4	0,75	37,3	169,5	122,6	0,75	37,3	160,6
Maule	Maule	112,1	0,75	37,3	150,2	131,3	0,75	37,3	169,5	122,6	0,75	37,3	160,7
Biobío	Itata	98,3	0,75	37,3	136,4	101,9	0,75	37,3	139,9	106,6	0,75	37,3	144,7

El cultivo del tomate para la agroindustria, se concentra desde la Región Metropolitana, hasta la región del Biobío, presentando valores de huella hídrica altos, en la zona media del Cachapoal y el Maule. Por otra parte, los valores menores de este indicador, se obtuvieron en la zona alta de la cuenca del Itata.

Los valores de huella Azul, se comportan de forma similar a la huella hídrica total y los de huella verde son similares en todas las cuencas en estudio debido a la estacionalidad del cultivo. Los valores de huella gris, también son similares, dado que se consideró una aplicación de nitrógeno estándar para toda el área (2,8 kg/ton), al igual que el rendimiento potencial o referencial considerado (77 ton/ha)

2. Huella Hídrica Real

La huella real fue estimada en base a la información obtenida de productores de la Región de O'Higgins. En las Figuras 46a, b, c y d, se pueden observar las diferencias entre huella real, referencial y estimada por el Water Footprint existentes en tomate industrial.

En la Región de O'Higgins, los valores de huella real se acercan a los de huella referencial. Sin embargo al ser comparados con aquellos que reporta el Water Footprint, dichos valores son muy superiores a los obtenidos en la región y a los valores de huella hídrica referencial en la totalidad de las regiones productoras.

El valor de las huellas hídricas (real y referencial) en tomate industrial (especialmente huella verde) es bajo con respecto a otros cultivos, explicado por rendimientos que alcanzan a nivel de productor, las 80 toneladas por hectárea.

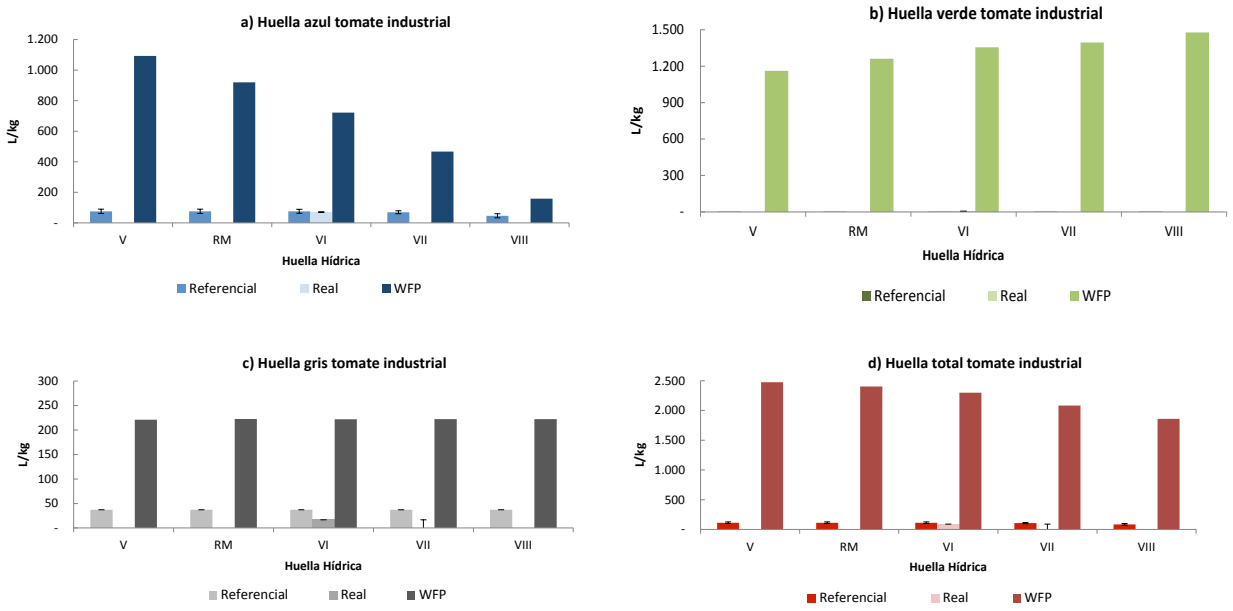


Figura 46. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en tomate industrial para las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

3. Conclusiones

La huella hidrica real calculada en la Región de O'Higgins fluctuó entre 61,55 y 126,16 litros utilizados para producir un kilógramo de tomate industrial, siendo aproximadamente un 13 a 24% inferior a la de referencia. Esto se explica por los altos rendimientos obtenidos y una adecuada fertilización nitrogenada que llevan a cabo los productores entrevistados. Es decir, la aplicación de nitrógeno varió entre los 1.2 y 2.3 kg/ton, inferior a la recomendada para el cultivo (2.8 kg/ton).

La relativa baja proporción de la huella hídrica verde se relaciona principalmente con la época en que se desarrolla el cultivo, es decir durante meses de déficit hídrico sin precipitaciones.

Respecto a la huella hídrica azul, los productores en general tienen un manejo deficiente del riego de acuerdo a los requerimientos del cultivo. Se evidencia que, durante algunos períodos no se suplieron todas las necesidades de riego, mientras que en otros la aplicación de agua fue excesiva. A pesar de este mal manejo, se obtuvieron altos rendimientos superiores a los de referencia establecidos para la zona. Los rendimientos de los productores fluctuó entre 64 y 125 ton/ha.

Rendimientos del tomate Región de O'Higgins

Cultivo	Rendimiento de referencia a nivel nacional (ton/ha)	Rendimiento promedio Región de O'Higgins (ton/ha)
Tomate	40	55 – 60
Tomate Industrial	77	80 – 85

Fuente: ODEPA, 2007.

Respecto a la huella hídrica gris, es necesario considerar que ninguna huella gris real superó a la huella gris de referencia. La literatura especializada recomienda la aplicación de 2,8 kg de N por tonelada, los productores con más alto rendimiento sólo emplean 1,16 kg/ton.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Loreto Gomez Ortíz, egresada de Agronomía de la Universidad Mayor por su colaboración en la en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 11

Huella Hídrica en Remolacha

- Hamil Uribe Cifuentes
- Felipe Riquelme Merino

Capítulo 11

Huella hídrica en Remolacha

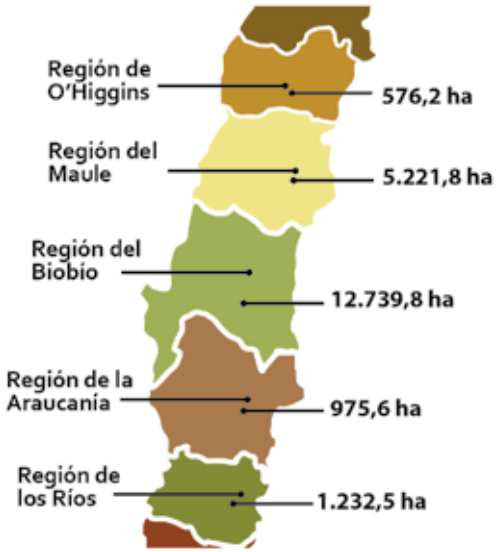


Figura 47. Superficie de Remolacha Azucarera por Región.

La remolacha azucarera *(Beta vulgaris L.)* es una planta herbácea bianual que por la cantidad de azúcar que almacena se usa industrialmente en la elaboración de azúcar y alcohol. Durante el primer año la remolacha almacena en su raíz abundantes reservas, principalmente en forma de sacarosa y es allí cuando se recolecta para su extracción. Si lo que se desea es la producción de semillas se aguarda al año siguiente.

En la superficie sembrada con remolacha del país se están utilizando variedades de semillas monogérmicas de distintas características, tanto convencionales como tolerantes a hongos, especialmente Rizoctonia y Esclerocio, que se han expandido progresivamente en Chile. Existen variedades tolerantes a Rizoctonia o Esclerocio, y también con tolerancia a ambos problemas fungosos. Estas variedades, si bien presentan rendi-mientos algo menores que las convencionales, han logrado captar cerca del 70% del mercado por la seguridad que presentan en suelos contaminados con estas enfermedades.

En Chile según el Censo Agropecuario del año 2007 existían 20.914,96 ha sembradas con remolacha azucarera. El 60,91% de dicha superficie se encuentra en la Región del Biobío, 24,96% en el Maule y 5,89% en la Región de Los Ríos (Figura 47). Estas tres Regiones concentran más del 90% de total nacional de este cultivo.

El mercado de la remolacha es sólo para consumo interno, existiendo intercambio comercial con otros países en la importación de semillas e insumos para su producción. Este mercado está regulado por las hectáreas sembradas y los rendimientos obtenidos, ya que la superficie de siembra ha ido disminuyendo, debido a que varios productores han reemplazado la explotación de sus campos por semilleros, cultivos de maíz y trigo, y frutales como arándano, cerezo, ciruelo, kiwi y manzano, por lo tanto se deberían aumentar los rendimientos para satisfacer la demanda local.

Demanda de agua y fertilización nitrogenada de la remolacha

En la zona, los agricultores presentan un buen nivel de tecnificación y tratan de seguir la recomendación entregada por IANSAGRO en relación al riego y la fertilización. Se puede decir que la mayoría riega con el agua suficiente para abastecer los requerimientos del cultivo.

La demanda de agua de la remolacha se calculó a partir de la evapotranspiración potencial mensual obtenidas de los Distritos Agroclimáticos de CIREN y los coeficientes de cultivo (kc) se obtuvieron sobre

la base de recomendaciones realizadas por IANSAGRO, de acuerdo a la fenología del cultivo. Los kc, llevados a escala mensual, se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Coeficientes de Cultivo para remolacha.

Cultivo	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Remolacha	1.1	1.05	0.95	0.9					0.4	0.5	0.7	0.9

Fuente: Adaptado de IANSAGRO, 2011.

Por otra parte, la precipitación efectiva, que cubre parte de la demanda de agua, fue estimada a partir de precipitaciones mensuales de los Distritos Agroclimáticos, utilizando la ecuación:

$$PP_{eff} = \begin{cases} 0.6PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 10 & PP \leq 70\frac{mm}{mes} \\ 0.8PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 24 & PP > 70\frac{mm}{mes} \end{cases}$$

Donde:
- PPeff = precipitación efectiva.
- PP= precipitación en mm.

Para la fertilización nitrogenada, al igual que para el riego, los productores siguen la recomendación de IANSAGRO que indica aplicaciones de 20-40 Un a la siembra y dos aplicaciones de 75 unidades a 4 y 12 hojas verdaderas. Se asumió que se produce una lixiviación del 10% del N y un rendimiento de 105 Ton/ha.

1. Huella hídrica referencial

En el Tabla 22, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia del producto mencionado, de acuerdo a las siembras de las últimas temporadas agrícolas por cuenca hidrográfica y comuna. Cabe hacer notar que en los últimos años la superficie remolachera se ha ido concentrando con respecto a lo apreciado en la Figura 47 que corresponde al año 2007.

Para remolacha azucarera se obtuvieron los valores más altos de la huella hídrica total en la cuenca del Maule y los valores se redujeron hacia el sur. En la zona de Angol, en el extremo sur poniente del área cultivada con remolacha, se observó una situación particular debido a la presencia de un microclima con alto nivel de evapotranspiración, lo que se tradujo en una huella del agua alta comparable a la cuenca del Maule.

La huella hídrica azul se comporta de forma similar, disminuyendo de norte a sur y nuevamente en Angol se alcanzan valores altos, comparables a la zona sur de la cuenca del Maule.

Tabla 22. Huella hídrica para Remolacha por cuenca hidrográfica y comuna.

	Comuna	Huella Azul (L/kg)	Huella Verde (L/kg)	Huella Gris (L/kg)	Huella Total (L/kg)
Cuenca del Río Maule					
	Pelarco	87,95	8,94	18	114,89
	San Javier	87,10	9,15	18	114,25
	Yerbas Buenas	88,03	8,86	18	114,89
	Linares	88,39	10,33	18	116,73
	Retiro	84,07	12,17	18	114,24
	Longavi	80,19	13,60	18	111,79
	Parral	84,11	12,14	18	114,25
Cuenca del Río Itata					
	San Carlos	57,87	16,42	18	92,29
	Coihueco	57,93	16,73	18	92,66
	Chillán	57,90	17,00	18	92,90
	Pinto	57,93	16,44	18	92,37
	Bulnes	59,03	17,30	18	94,33
	San Ignacio	54,89	16,42	18	89,31
	El Carmen	57,93	16,44	18	92,37
	Yungay	57,93	16,42	18	92,35
Cuenca Río Biobío					
	los Ángeles	57,93	16,42	18	92,35
	Santa Bárbara	25,20	36,16	18	79,37
	Mulchen	64,54	20,18	18	102,72
	Angol	82,20	12,87	18	113,07

La huella hídrica verde fue creciente de norte a sur; sin embargo, en la comuna de Angol se obtuvo los valores menores , debido a la baja pluviometría de la zona.

La estimación de la huella hídrica gris fue similar en todas las comunas debido a que se basó en una recomendación general de fertilización para toda el área cultivada.

La Figura 48 presenta la información de la huella hídrica de remolacha en forma gráfica para las tres cuencas. Se observa una tendencia decreciente (norte a sur) de la huella hídrica azul y total; quedando enmascarada la situación de Angol en la cuenca del Biobío. También se puede notar que la variabilidad, a nivel de cuencas es alta en las cuencas del Maule y Biobío, no así en la cuenca del Itata.

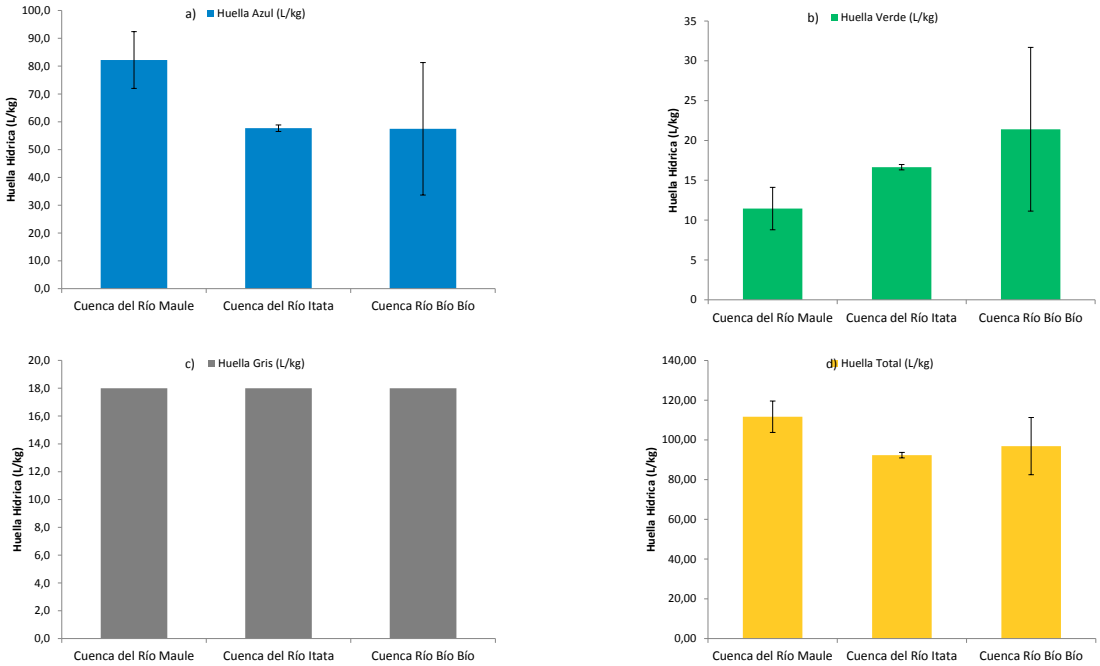


Figura 48. Comparación de huella hídrica referencial para las Regiones productoras de Chile. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La metodología adoptada para estimar la huella gris es una simplificación que no permite afinar más los valores, por ello se asumió un valor constante de acuerdo a la recomendación de fertilización antes señalada.

2. Huella hídrica real

Para remolacha azucarera se tomaron encuestas a más de 20 productores. No fue posible obtener datos fidedignos de la real aplicación de agua mediante riego, pero fue posible deducir que los productores tratan de seguir la recomendación de los especialistas, basadas en los kc aportados por IANSAGRO. Las principales diferencias detectadas mediante las encuestas fueron en relación al rendimiento logrado bajo distintos métodos de riego. Los rendimientos promedio en riego por pivote y cobertura total alcanzaron 105 y 103 ton/ha, respectivamente, mientras algunos cultivos regados por tendido alcanzaron solo 75 ton/ha. En el resto de los casos los rendimientos prediales promedio estuvieron cerca de 90 ton/ha, que corresponde a la situación en que los productores combinaron riego por tendido con pivote o cobertura total, o con apoyo de carretes. Esto indica que la huella del agua fue menor gracias a los altos rendimientos logrados por una adecuada aplicación de agua, asociada al método de riego.

La Figura 49 muestra los principales países productores de remolacha con sus huellas hídricas calculadas por el Water Footprint.

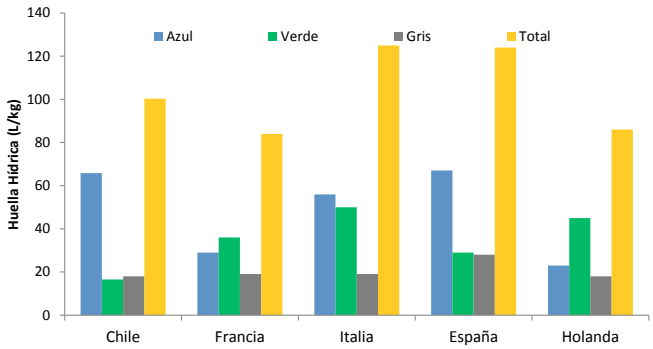


Figura 49. Comparación de huella hídrica para remolacha con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

A nivel mundial, y de acuerdo a lo que se visualiza en la Figura 49, los países que presentan una mayor huella hídrica, son España e Italia y en tercer lugar Chile y con valores algo menores, aparecen Francia y Holanda.

Por otra parte, la huella hídrica azul de Chile es una de las más altas junto a España, mientras la huella hídrica verde es la más baja. La huella gris es similar en todos los países, excepto España que tiene valores algo más altos.

3. Conclusiones

Comparativamente se puede afirmar que la huella hídrica de la remolacha azucarera de Chile es muy similar respecto a otros países productores. Si bien los valores mostrados en este trabajo indican que no son los más bajos, la tendencia de los últimos años indica que se ha logrado el mismo nivel de los países más desarrollados, gracias al buen nivel tecnológico de los productores remolacheros nacionales.

Para reducir la huella hídrica en el caso de la remolacha, sería recomendable tener en consideración los siguientes factores: ajustar la fertilización a través de aplicaciones parcializadas vía fertirrigación e incrementar el rendimiento del cultivo mediante el uso de variedades mejoradas, buen manejo del agua y preparación del suelo.

Capítulo 12

Huella Hídrica en Ciruela

- Alejandro Antúnez Barría
- Paula Riquelme Salinas
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 12

Huella hídrica en Ciruela

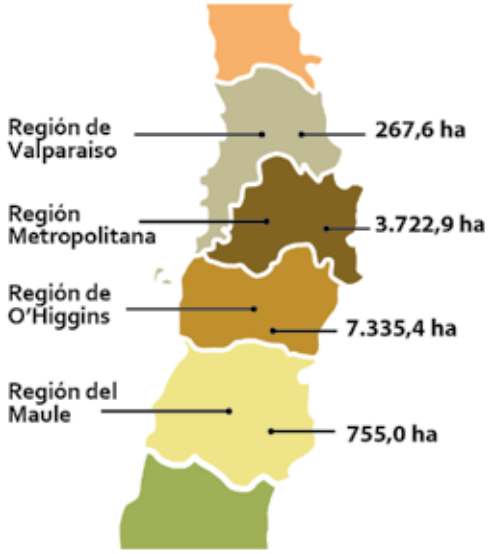


Figura 50. Superficie de Ciruela por Región.

El Ciruelo (*Prunus domestica* L.) es un árbol que puede potencialmente alcanzar entre 5 y 6 metros de altura, caducifolio con hojas acerradas, su fruto es una drupa redonda u oval, principalmente de color violáceo. Sus requerimientos de horas frio alcanzan hasta las 1000 horas, por lo cual se cultiva principalmente en la zona más templada del país.

Las plantaciones de ciruelo europeo alcanzan a las 12.169 ha, siendo la Región de O'Higgins la que concentra la mayor superficie, seguida de la Región Metropolitana y la Región del Maule con un 60%, 30% y 6% respectivamente, según Censo 2007 (Figura 50).

Existen distintas variedades de ciruelas para el desecado, pero la más utilizada es la variedad D'Agen, debido a su alto nivel de azúcar, lo que permite obtener un producto de mejor calidad

La cosecha de ciruela se realiza entre los meses de febrero y marzo, dependiendo de la zona de producción y la variedad. La temporada de procesamiento de ciruela para deshidratado se extiende principalmente entre los meses de abril a diciembre, debido a la baja perecibilidad del producto.

Los principales países exportadores de ciruelas deshidratadas, en cuanto a sus valores de venta, son Estados Unidos, Chile, Argentina, Francia, Holanda y Alemania. Chile es el principal exportador del hemisferio sur, con valores que sobrepasan los 112,3 millones de dólares y 59.966 toneladas exportadas durante el año 2011 (ODEPA, 2012)

Las plantaciones de ciruelo japonés alcanzan a las 6.878 ha, y al igual que el ciruelo europeo la mayor superficie se concentra entre las regiones de Valparaíso, Metropolitana, de O'Higgins y del Maule; en orden de importancia en cuanto a superficie, según Censo Agropecuario 2007. Algunos factores climáticos como la falta de frío invernal, lluvias y heladas durante la floración, han limitado la permanencia de este frutal en determinadas zonas geográficas, debido a su irregularidad productiva, haciéndola poco atractiva para algunos productores.

Las exportaciones de ciruelas frescas chilenas han alcanzado en promedio, durante los últimos años, las 100.000 ton. Los principales mercados de destino para esta especie son Europa y Estados Unidos con una participación del 45% y 32% respectivamente, seguido por Latino América con un 12% y en una menor proporción, pero no menos importante, se encuentra el Lejano Oriente con cerca del 7%. Finalmente aparecen el Medio Oriente y Canadá con envíos menores que no superan el 3,5% del total producido.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 23, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 23. Huella hídrica para Ciruelo por Región, cuenca hidrográfica y zona (l/kg).

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**	Azul	Verde	Gris	**Total**
Valparaíso	Aconcagua	**Ciruelo europeo**	650,0	154,5	60,0	**864,5**	810,6	120,7	60,0	**991,2**	727,4	145,2	60,0	**932,5**
		Ciruelo japonés	185,4	44,7	60,0	**290,2**	231,7	35,1	60,0	**326,8**	207,4	42,3	60,0	**309,7**
Metropolitana	Maipo	**Ciruelo europeo**	577,7	208,3	60,0	**846,0**	806,9	135,0	60,0	**1001,9**	821,8	141,1	60,0	**1022,9**
		Ciruelo japonés	164,9	59,8	60,0	**284,7**	230,2	39,4	60,0	**329,7**	234,4	41,3	60,0	**335,7**
O'Higgins	Rapel	**Ciruelo europeo**	629,9	202,0	60,0	**891,9**	792,2	152,2	60,0	**1004,3**	781,8	168,5	60,0	**1010,2**
		Ciruelo japonés	179,8	58,1	60,0	**297,9**	229,9	43,1	60,0	**333,0**	208,1	54,4	60,0	**322,4**
Maule	Mataquito	**Ciruelo europeo**	499,1	297,8	60,0	**856,9**	745,8	220,6	60,0	**1026,3**	658,8	211,4	60,0	**930,2**
		Ciruelo japonés	141,4	86,4	60,0	**287,8**	212,5	64,1	60,0	**336,6**	187,9	60,9	60,0	**308,8**
	Maule	**Ciruelo europeo**	506,0	330,5	60,0	**896,4**	753,6	220,5	60,0	**1034,1**	718,0	186,0	60,0	**964,0**
		Ciruelo japonés	205,0	53,7	60,0	**318,6**	214,8	63,9	60,0	**338,8**	205,0	53,7	60,0	**318,6**

En el ciruelo europeo y japonés la huella azul menor se presenta en la zona alta de la cuenca del Mataquito, por otro lado el valor mayor, se presenta en la zona media del río Aconcagua para el ciruelo japonés y para el ciruelo europeo en la zona baja de la cuenca del Maipo.

En el caso de la huella verde, en general, los valores se van incrementando de norte sur producto del incremento de las precipitaciones, lográndose los valores mayores en la zona alta de la cuenca del Maule para el caso del ciruelo europeo (330,5l/kg) y en la zona alta de la cuenca del Matoquito para el ciruelo japonés (86,4l/kg). Los valores menores se encuentran en la cuenca del Aconcagua para ambas especies.

2. Huella hídrica real

Las Figuras 51a, b, c y d muestran las huellas hídricas real, referencial y estimada por el Water Footprint para el ciruelo en las principales regiones productoras.

Se observa que la huella hídrica total informada por el Water Footprint es mayor que la huella real y referencial en todas las componentes de la huella hídrica y en todas las regiones evaluadas, En el caso de la huella azul, los valores reales, referenciales y los entregados por el Water Footprint, no manifiestan grandes diferencias entre ellas. Del mismo modo, la huella verde real y referencial, son similares y muy inferiores a los informados por el WFP. Por otra parte, la huella gris, resaltan los valores reales, los cuales son mayores a los referenciales y a los entregados por el WFP especialmente en la región metropolitana.

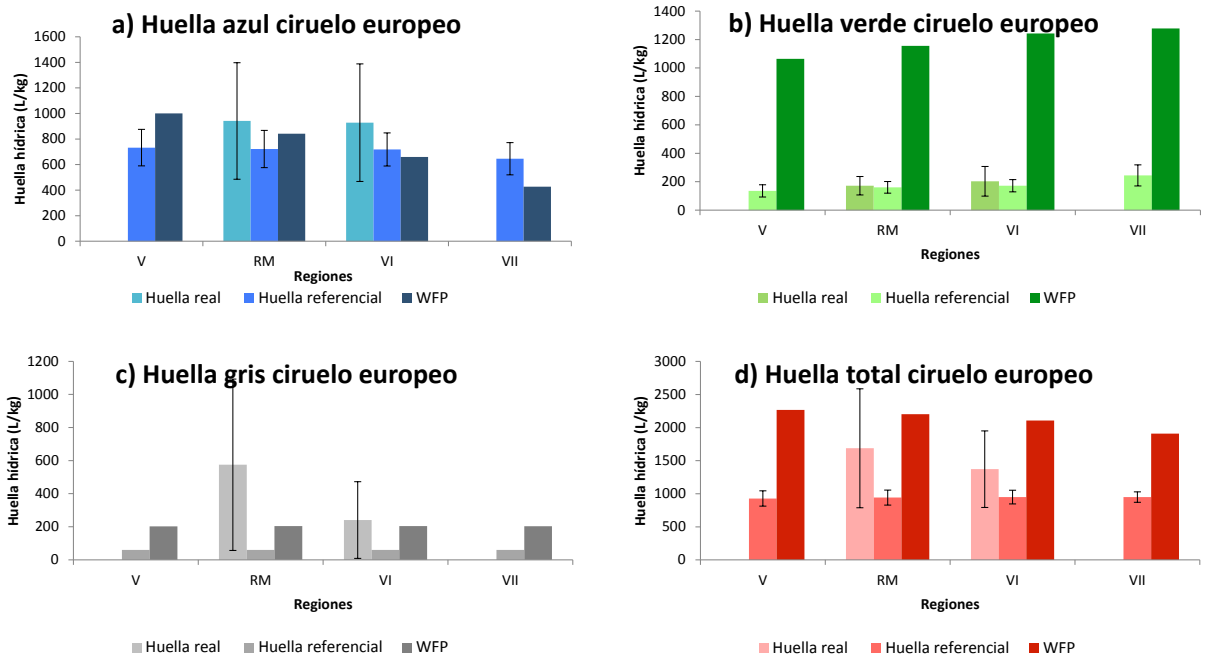


Figura 51. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Ciruelo Europeo para las Regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 52 muestra los principales países productores de ciruela con sus huellas hídricas calculadas por el Water Footprint.

Se observa que Sudáfrica y Argentina presentan valores mas altos y similares de huella total, influenciados por los altos valores de huella azul y verde respectivamente. Con valores medios se encuentra California, donde la huella azul es mayor que las otras componentes de la huella hídrica. Chile y Francia presenta los valores más bajos de huella hídrica, donde predominan los valores de huella verde por sobre la huella azul. Sin embargo, a nivel local, los valores calculados de estos dos componentes, son inferiores a los que informa esta entidad a nivel país.

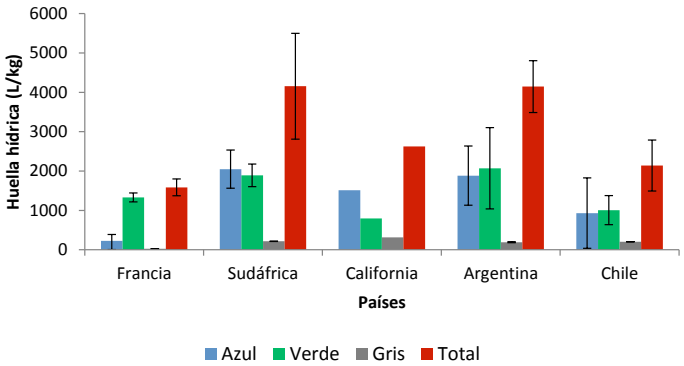


Figura 52. Comparación de huella hídrica para ciruelo con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

3. Conclusiones

El ciruelo presenta un valor dehuella hídrica referencial y real mucho menor que el informado por el Water Footprint, para las regiones estudiadas. También se observa que la huella hídrica de este producto en el país es menor que aquellas calculadas en Estados Unidos, Argentina y Sudáfrica, reflejando con ello el buen rendimiento que logran los productores en chile.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Denis García López, egresado Agronomía U. Mayor, por su colaboración en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 13

Huella Hídrica en Manzana

- Gabriel Sellés van Schouwen
- Paula Riquelme Salinas

Capítulo 13

Huella hídrica en Manzana

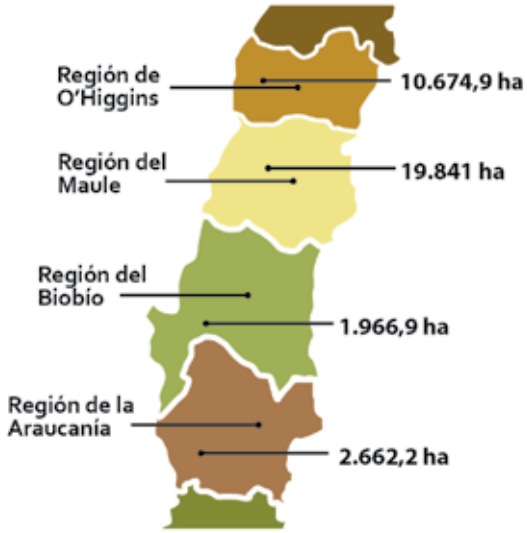


Figura 53. Superficie de Manzana por Región.

El manzano silvestre (*Malus Domestica L.*), desarrolla una raíz pivotante profunda, una copa globosa, pudiendo alcanzar hasta 10 m. de altura, pero en huertos comerciales, siempre se somete a algún sistema de conducción.

El manzano soporta temperaturas inferiores a los -10ºC, sin que por ello se afecte su corteza, aunque al descender por debajo de los -15ºC pueden perderse algunas yemas florales. Sin embargo es el estado de cuaja y fruto pequeño el más crítico soportando heladas de no más de -2ºC.

La temperatura mínima para su crecimiento es 7ºC y una máxima de 35ºC, con un óptimo de crecimiento entre 18 y 24ºC entre el periodo de yema hinchada y cosecha se requieren entre 900 a 1200 GDA.

La principal limitación es el requerimiento de horas frío, ya que requiere valores por sobre las 1.000 horas frío (en función de las variedades).

Las variedades con mayor presencia en el mercado son Fuji, Royal Gala y Granny Smith. La primera variedad se caracteriza por su color rojo claro sobre un fondo verde con tintes amarillos, y por su pulpa blanca, crujiente y jugosa.

La manzana Royal Gala es similar a la Fuji, pero su cáscara posee un color más brillante y es más gruesa. La variedad Granny Smith, la conocida manzana verde, posee un color verde brillante y un sabor más ácido.

Crecen en las regiones más frías del centro y sur de Chile (Figura 53), destacando la zona entre las regiones de Valparaíso y de la Araucanía. Las manzanas están disponibles desde fines de enero hasta octubre. La cosecha se realiza entre los meses de enero y abril, la que es más tardía hacia el sur de Chile La duración del ciclo vegetativo varía de los 230 a 250 días. La extracción de nitrógeno del manzano es de 2,5 kg ton-1 de fruta cosechada.

Las plantaciones de manzana en Chile, alcanzan las 29.000 y 9000 ha aprox. de manzana roja y verde respectivamente.

Según cifras del Centro de Comercio Internacional (CCI) para el año 2010, Chile fue el segundo mayor exportador mundial de manzanas, repitiendo la alta ubicación lograda en el año 2006, que disputa constantemente con Italia y Estados Unidos.

En tanto, los principales competidores indirectos que Chile enfrenta en el mercado mundial de las exportaciones de manzanas, se observan en los países del hemisferio norte, en particular en los países de Europa del Este y en el mayor productor mundial, China. Mientras que entre los competidores directos de

Chile en el mercado de contra-estación, Brasil es el país que presenta un mayor grado de avance , con un volumen anual de 100.000 toneladas.

1. Huella hídrica referencial

Para el cálculo de la huella referencial en manzana se utilizaron valores de evapotranspiración potencial y precipitaciones de cada distrito agroclimático, como se indica en el capítulo 2 (Metodología), como también valores de kc y rendimientos referenciales de cada zona.

Los valores de Kc que se utilizaron para Manzana roja y verde están basados en los valores que entrega FAO 56, según su estado fenológico: Inicio 0,6; medio 0,95; final 0,75 y receso 0,2.

Los rendimientos potenciales considerados en el cálculo de la Huella Hídrica Referencial fueron proporcionados por técnicos de Frusan y son: - Manzana roja Región de O'Higgins y del Maule 55 ton ha-1; Región del Biobío y la Araucanía 60 ton ha-1. – Manzana verde Región de O'Higgins, Maule, Biobío y Araucanía 75 ton ha-1.

En la Tabla 24, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 24. Huella hídrica para Manzana por Región, cuenca hidrográfica y zona.(l/kg)

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
O'Higgins	Cachapoal	Roja	113,9	38,3	33,3	185,6	143,7	33,0	33,3	210,0	158,0	26,0	33,3	217,3
		Verde	83,6	28,1	33,3	145,0	105,4	24,2	33,3	162,9	115,9	19,1	33,3	168,2
	Tinguiririca	Roja	103,9	45,8	33,3	183,0	150,2	32,3	33,3	215,8	150,9	31,6	33,3	215,8
		Verde	76,2	33,6	33,3	143,1	110,2	23,7	33,3	167,1	110,6	23,2	33,3	167,1
Maule	Maule	Roja	97,0	64,2	33,3	194,5	146,3	41,2	33,3	220,8	141,1	50,3	33,3	224,7
		Verde	71,1	47,1	33,3	151,5	107,3	30,2	33,3	170,8	103,5	36,9	33,3	173,7
	Mataquito	Roja	95,9	57,8	33,3	187,0	144,7	41,4	33,3	219,4	141,3	31,2	33,3	205,8
		Verde	70,3	42,4	33,3	146,0	106,1	30,3	33,3	169,7	103,7	22,9	33,3	159,8
Biobío	Biobío	Roja	85,5	57,4	33,3	176,1	69,6	62,9	33,3	165,8	92,1	56,1	33,3	181,5
		Verde	68,4	45,9	33,3	147,6	55,7	50,3	33,3	139,3	73,7	44,9	33,3	151,9
	Itata	Roja	62,8	67,9	33,3	164,0	78,3	57,0	33,3	168,5	70,6	70,4	33,3	174,3
		Verde	50,3	64,2	33,3	147,8	62,6	56,2	33,3	152,1	56,4	46,6	33,3	136,3
	Imperial	Roja	35,7	80,9	33,3	149,9	87,7	60,3	33,3	181,3	67,1	62,3	33,3	162,7
		Verde	28,5	64,7	33,3	126,6	70,2	48,2	33,3	151,7	53,7	49,8	33,3	136,8
La Araucanía	Biobío	Roja	43,0	79,5	33,3	155,3	80,0	60,3	33,3	173,6	86,4	59,4	33,3	179,1
		Verde	34,4	63,6	33,3	131,3	64,0	48,2	33,3	145,5	69,1	47,5	33,3	149,9
	Toltén	Roja	22,1	85,3	33,3	140,7	40,2	77,4	33,3	150,9	53,4	71,2	33,3	157,9
		Verde	17,7	68,2	33,3	119,2	32,2	61,9	33,3	127,4	42,8	57,0	33,3	133,1

La huella hídrica referencial tanto para la Manzana Roja como para la Verde, se comportan de forma similar, presentando los valores más altos en la Región del Maule, específicamente en la cuenca del Rio Maule. Esto se debe principalmente a la demanda evapotranspirativa y a menores rendimientos, comparados con las otras zonas en las cuales se desarrolla el cultivo. Por otra parte, en la cuenca del Toltén, en la Región de la Araucanía, los potenciales productivos de la Manzana Roja son levemente más altos que las otras cuencas en estudio, esto junto con las condiciones climáticas favorables en la zona baja, permiten obtener los valores más bajos de huella hídrica referencial.

Con respecto a la huella hídrica referencial azul, esta presenta los valores más altos en la cuenca del río Cachapoal, y los más bajos en la zona baja de la Cuenca del Toltén en la regiones de la Araucanía.

Referente a la huella hídrica referencial verde, los valores más altos de dicha huella, se presentan en la Región de la Araucanía, asociado a que existen mayores precipitaciones que en las otras regiones productoras. Valores altos de huella, permiten disminuir los valores de huella hídrica azul.

2. Huella hídrica real

2.1. Manzana Roja

Las Figuras 54a, b, c y d muestran las huellas hídricas real, referencial y la estimada por el Water Footprint para la manzana roja en las principales regiones productoras.

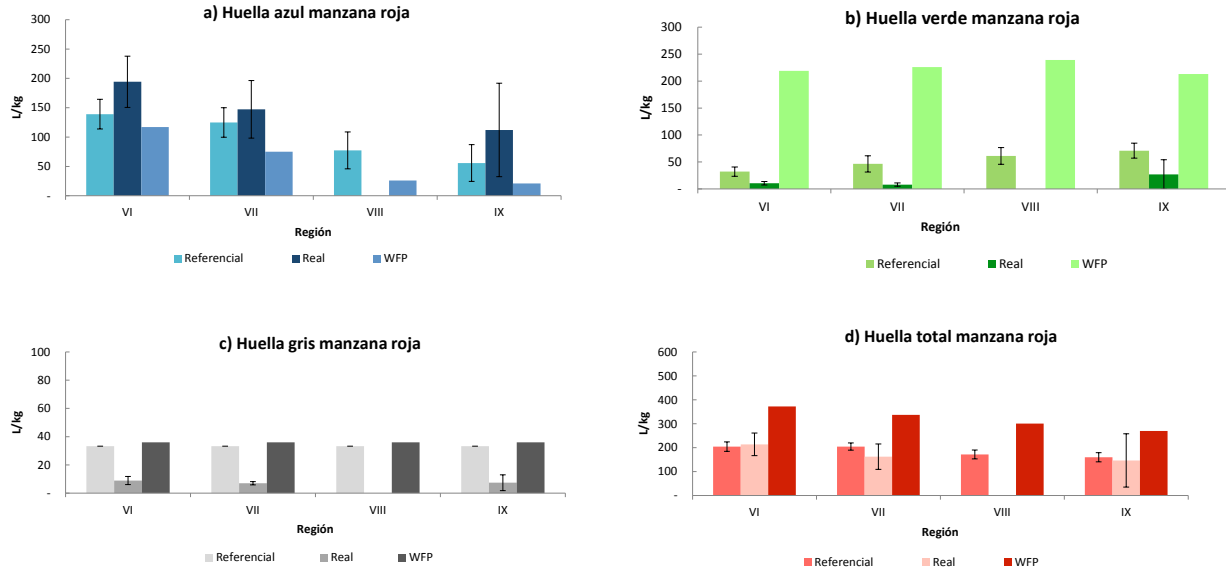


Figura 54. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Manzana roja para las Regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

Al comparar los datos tanto de Huella hídrica referencial, real y la del Water Footprint, se puede apreciar por una parte, que los valores de huella hídrica azul real, son mayores en todas las Regiones en las cuales se poseen datos. Por otra parte, los valores de huella hídrica verde informados por el Water Footprint, en todas las Regiones analizadas, son considerablemente mayores a los reales y de referencia.

Los valores de Huella gris real son menores que la huella gris referencial y que la informada Water Footprint, lo que podría indicar que los fertilizantes aplicados son inferiores a los recomendados.

Con respecto a la Huella hídrica total, los valores de huella hídrica real y referencial son similares, y difieren en un amplio rango con los informados por el Water Footprint, esto asociado principalmente a los altos valores de huella hídrica verde que esta entidad estiman.

2.2. Manzana Verde

Las Figuras 55a, b, c y d muestran las huellas hídricas real, referencial y la estimada por el Water Footprint para la manzana verde en las principales regiones productoras.

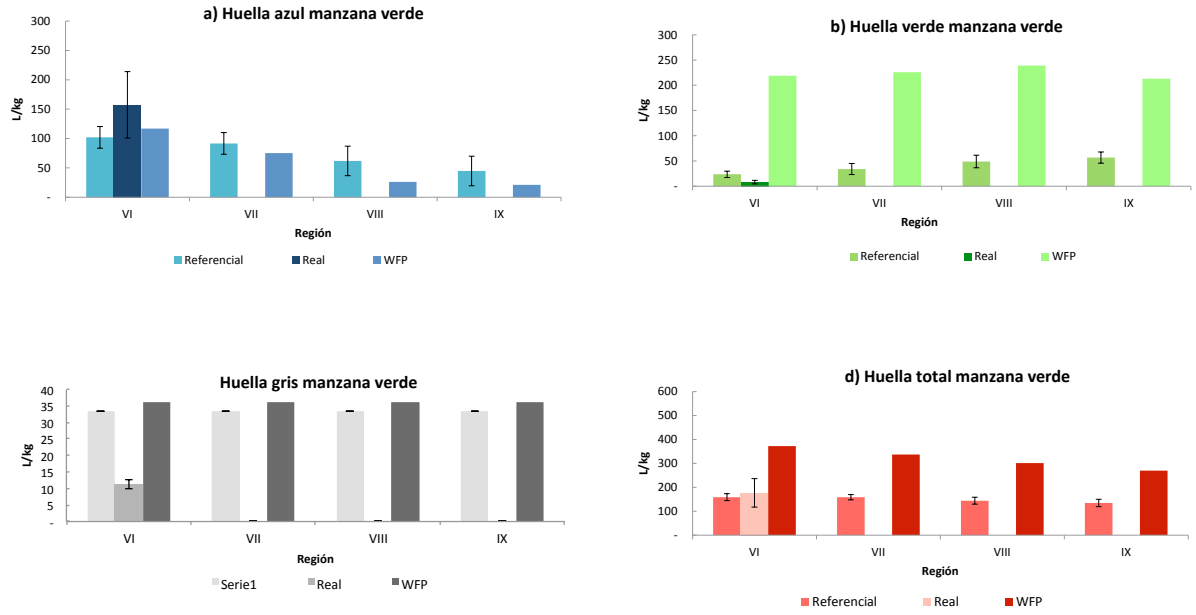


Figura 55. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Manzana Verde para las Regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

En este producto, manzana verde, la huella real es mayor que la referencial, al menos en la Región de O´Higgins, de la cual se tiene datos. Esto se debe principalmente a los mayores valores logrados de huella azul. Por otra parte, los datos informados por el WFP, son mayores que los referenciales y reales, asociado principalmente a los al componente verde.

La Figura 56 muestra los principales países productores de manzana con sus huellas hídricas calculadas por el Water Footprint.

Se observa que EEUU, Turquía, Polonia y Chile presentan valores similares de huella total; la cual es fuertemente influenciada por la huella verde en los tres primeros países mencionados; en cambio en Chile, se visualiza un equilibrio entre huella azul y verde .China es el país que presenta el valor más alto de huella hídrica total, el cual está asociado a altos valores de huellas hídricas verde y gris; no siendo relevante el valor de huella hídrica azul.

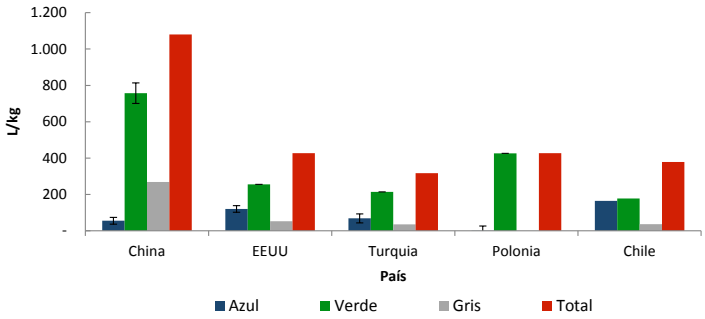


Figura 56. Comparación de huella hídrica para manzana entre los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

3. Conclusiones

En Manzana, tanto verde como roja, los valores más bajos de la huella hídrica referencial se obtuvieron en la zona baja de la cuenca del Toltén, por otra parte, los valores más altos, se obtuvieron en la cuenca del Cachapoal, siendo siempre los valores en manzana verde menores que los de las rojas.

Con respecto a los valores de huella hídrica real, estos son menores a los de referencia, lo que se presenta en manzana roja para las regiones del Maule y la Araucanía. Con respecto a la manzana verde, los valores de huella hídrica real, al menos en la región de O'Higgins son mayores que la referencial.
Los valores estimados por el WFP son mayores que los valores de referencia y los reales.

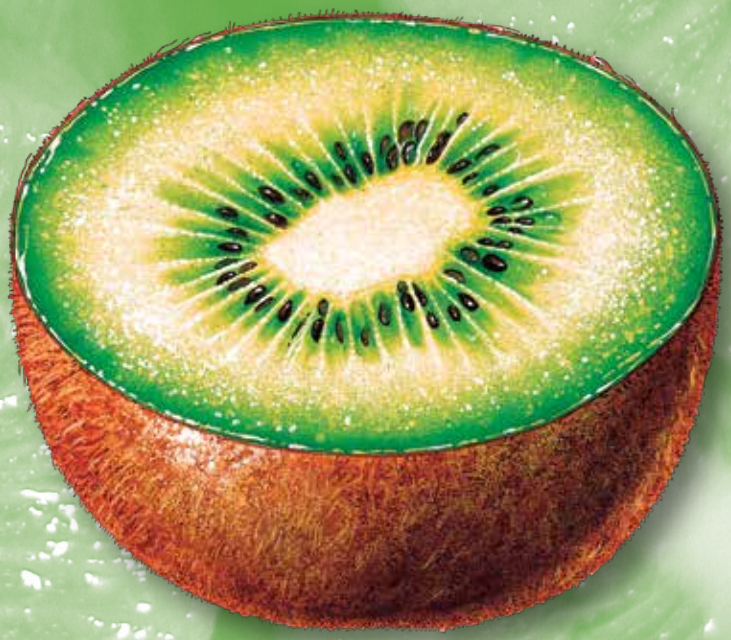
Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa FRUSAN SA, por el apoyo recibido en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 14

Huella Hídrica en Kiwi

- Gabriel Sellés van Schouwen
- Paula Riquelme Salinas



Capítulo 14

Huella hídrica en Kiwi

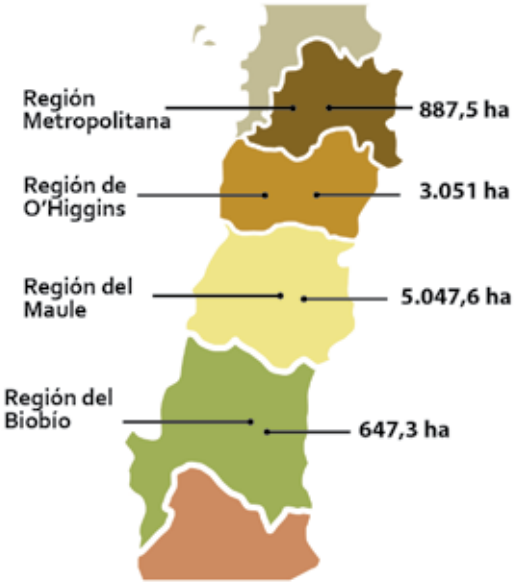


Figura 57. Superficie de kiwi por Región.

El Kiwi *(Actinidia deliciosa)* es un frutal originario del Sureste de Asia. A Chile fue traído para ser cultivado con fines comerciales en 1976, procedente de Nueva Zelandia, país que ocupa el primer lugar en su producción. Se adaptó tan bien a las condiciones climáticas locales que ahora el país se encuentra entre los productores líderes del mundo.

Este fruto posee un sabor ligeramente ácido y un atractivo color verde intenso en su pulpa. La principal variedad cultivada es Hayward, desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío.

Las principales zonas abastecedoras para los consumidores de la ciudad de Santiago son las regiones de O'Higgins y Metropolitana.

Es un extraordinario proveedor de vitamina C y fibra, lo que lo convierte en un excelente laxante. Se le atribuyen propiedades anticancerígenas, antioxidantes y antiinflamatorias, mejorando el sistema inmunológico y aumentando las defensas en el organismo. Además es bajo en colesterol y posee fósforo, magnesio, cobre, calcio, hierro, potasio, sodio y caroteno.

El kiwi es una planta exigente en cuanto a condiciones climáticas, en especial en lo referente a temperaturas, humedad relativa y viento, factores que constituyen las principales limitantes para su cultivo. Pese a ello, la planta ha presentado una gran capacidad de adaptación, desarrollándose en Chile principalmente desde la Región Metropolitana a la Región del Biobío (Figura 57). El kiwi necesita un período de crecimiento de 240 a 260 días, en lo posible libres de heladas. Temperaturas menores de -1°C durante 30 minutos dañan los brotes nuevos en primavera; si esto sucede en otoño, puede causar daño por congelamiento en los frutos. También en otoño temperaturas de -2°C a -3°C producen daños en los troncos de las plantas jóvenes, siendo las plantas adultas más tolerantes a temperaturas menores.

La temporada de esta fruta se inicia en el mes de mayo, cuando la oferta es menor y, por lo tanto, el precio es más alto. En agosto la disponibilidad del fruto aumenta y consecuentemente el precio tiende a bajar.

La variedad Hayward es una planta de vigor medio; floración, maduración y cosecha tardía y menos productiva que otras variedades. Frutos de buen tamaño y peso, aromáticos y de buen sabor. Muy resistente a la manipulación y al transporte, con excelentes condiciones de conservación tanto en fresco como en frigorífico. Es la variedad más cultivada en Chile y el mundo por la calidad y tamaño de su fruto.

Las proyecciones indicaban que en 2012 los envíos experimentarían un alza del 8,4%, totalizando alrededor de 193 mil toneladas en comparación a las 178 mil toneladas exportadas el año anterior, de acuerdo a estimaciones realizadas por la consultora de mercados iQonsulting.

El mayor volumen exportado se realiza a Europa, seguido por Norteamérica y Latinoamérica.

1. Huella hídrica referencial

Para el cálculo de la huella referencial en kiwi se utilizaron valores de evapotranspiración potencial y precipitaciones de cada distrito agroclimático, como se indica en el capítulo 2 (Metodología), como también valores de kc y rendimientos referenciales de cada zona.

Los valores de Kc que se utilizaron para kiwi están basados en los valores que entrega FAO 56, según su estado fenológico: Inicio 0,4; medio 1,05; final 1,05 y receso 0,2.

Los rendimientos potenciales considerados en el cálculo de la Huella Hídrica Referencial fueron proporcionados por técnicos de Frusan y son: Región de Coquimbo, 25 ton ha-1; Región de Valparaíso y Metropolitana 30 ton ha-1; Región de O'Higgins, Maule y Biobío 35 ton ha-1.

En la Tabla 25, se presentan los resultados de la huella hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado entre las Regiones metropolitana y del Biobío.

Tabla 25: Huella hídrica para Kiwi por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Metropolitana	Maipo	236,7	76,1	49,3	362,1	330,4	50,5	49,3	430,2	331,3	55,1	49,3	435,7
O'Higgins	Cachapoal	209,0	64,8	49,3	323,1	260,9	57,1	49,3	367,2	285,6	45,6	49,3	380,4
	Tinguiririca	191,8	77,3	49,3	318,4	272,5	55,9	49,3	377,7	273,6	54,7	49,3	377,7
Maule	Maule	179,4	54,0	49,3	332,5	263,8	65,5	49,3	378,6	253,7	55,1	49,3	358,2
	Mataquito	176,7	93,5	49,3	319,6	261,2	65,5	49,3	349,7	252,5	50,3	49,3	352,2
Biobío	Itata	128,4	144,8	49,3	300,0	160,1	125,2	49,3	308,5	144,5	101,9	49,3	319,6

Al analizar los valores obtenidos en el cálculo de la huella hídrica referencial, se observa que el valor más alto en el componente azul, se obtiene en la zona baja de la cuenca del Maipo, y el valor menor en la zona alta de la cuenca del rio Itata. Por otra parte, el componente verde, presento el mayor valor en la zona alta de la cuenca del río Itata, asociado principalmente a una mayor precipitación. El valor más bajo de este indicador, se obtuvo en la zona baja de la cuenca del rio Cachapoal.

Con respecto a la huella hídrica total, esta se presentó de forma similar a la huella azul, con los valores más altos en la zona baja de la cuenca del Maipo, y los más bajos en la zona alta de la cuenca del Itata.

2. Huella hídrica real

Las Figuras 58a, b, c y d muestran las huellas hídricas real, referencial y la estimada por el Water Footprint para el cultivo de kiwi en las principales regiones productoras.

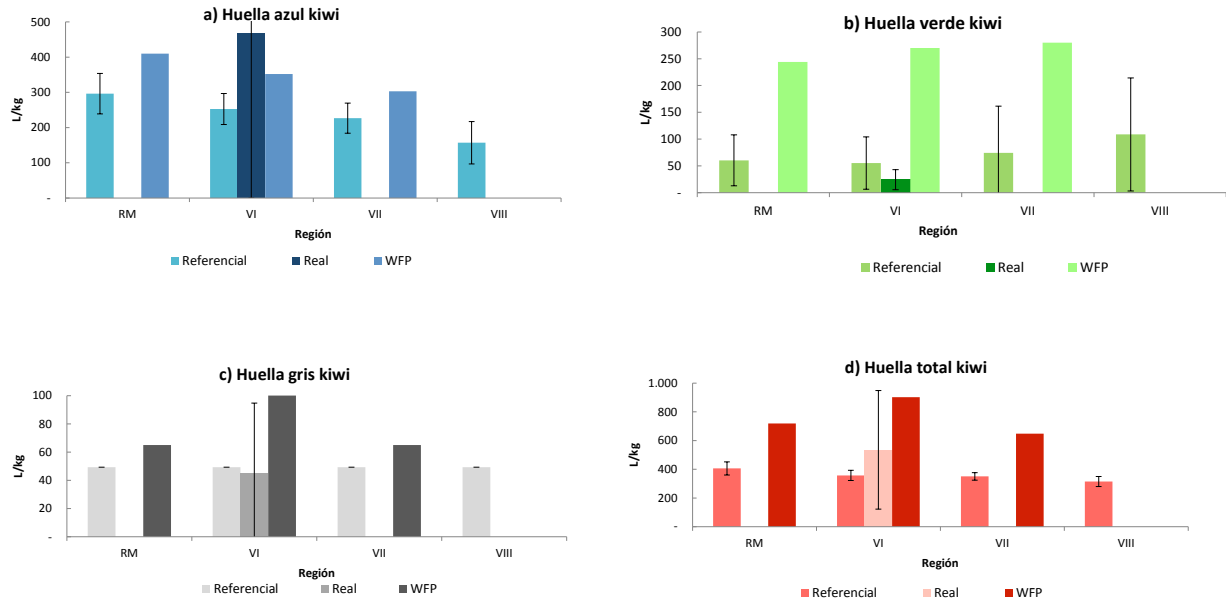


Figura 58. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Kiwi para las Regiones productoras comprendidas entre la Región Metropolitana y del Biobío. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) Huella hídrica total.

Con respecto a la huella hídrica real, esta se pudo estimar solo en la región de O'Higgins, ya que no se disponía de información de otras regiones. En esta región, los valores de huella hídrica real, fueron mayores a los referenciales, asociado principalmente al componente azul, el cual fue considerablemente mayor. La huella hídrica verde fue menor que la referencial, al igual que la huella gris.

Por otra parte al analizar los datos informados por el Water Footprint para el Kiwi, este es mayor que los estimados para las zonas productoras del país, tanto para la huella hídrica referencial como potencial.

La Figura 59 muestra los principales países productores de kiwi con sus huellas hídricas calculadas por el Water Footprint, se observa que Chile presenta el valor más alto de huella hídrica, producto del alto valor de huella azul. Por el contrario Italia, Francia y Nueva Zelanda presentan valores similares de Huella Hídrica, siendo en estos países el componente de huella verde el más importante.

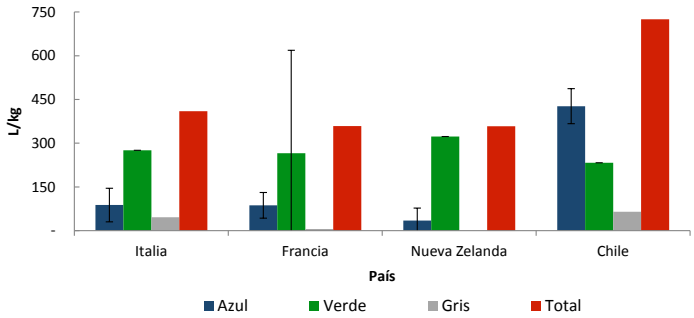


Figura 59. Comparación de huella hídrica para kiwi con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

3. Conclusiones

El valor más bajo de huella hídrica referencial en kiwi, se obtuvo en la zona alta de la cuenca del Itata, y el valor más alto, en la zona baja de la cuenca del Maipo.

Si se comparan los valores referenciales con los reales, al menos en la Región de O'Higgins, los valores de huella hídrica real, son mayores a los referenciales, sin embargo estos valores son inferiores a los informados por el WFP.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la empresa FRUSAN SA, por el apoyo recibido en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 15

Huella Hídrica en Durazno Conservero

- Alejandro Antúnez Barría
- Paula Riquelme Salinas
- Alexis Pérez Ríos

Capítulo 15

Huella hídrica en Durazno Conservero

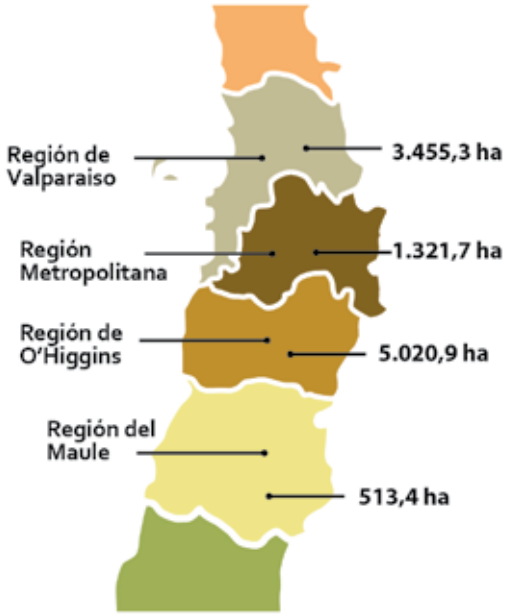


Figura 60. Superficie de Durazno por Región.

El duraznero *(Prunus persica)* es un frutal de zona templada no muy resistente al frío. Se afecta con temperaturas por debajo de los –15 ºC, sufriendo daños graves con temperaturas menores a –3 ºC en floración. Requiere de 400 a 800 horas-frío y los nuevos cultivares requieren incluso menos, siendo la falta de frío un problema si la elección varietal es errónea.

La especie requiere luminosidad para obtener una buena calidad de fruto. Sin embargo el tronco sufre con excesiva insolación, por lo que se debe que encalar o realizar una poda adecuada. Los diferentes patrones permiten su cultivo en distintos tipos de suelo, aunque se adapta mejor a suelos profundos, arenosos y de pH moderado o al menos con buen drenaje. Requiere de riegos adecuados para obtener fruta de buen calibre.

La superficie actual de durazneros y nectarines tiene una extensión cercana a las 5.600 y 6.800 ha respectivamente y su producción se concentra principalmente en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins (Figura 60), en las cuales se obtiene el 93.8% del volumen nacional. Esto debido a las condiciones agro-climáticas existentes, que permiten una adecuada acumulación de horas frío y grados día, para la salida del receso invernal y un favorable desarrollo vegetativo de los árboles. El resto de las regiones tiene una participación mínima dentro de la producción para el mercado nacional y nulo en el mercado internacional.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 26, se presentan los resultados de la Huella Hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 26: Huella hídrica para Durazno Conservero por Región, cuenca hidrográfica y zona (L/kg).

Región	Cuenca	Zona alta				Zona media				Zona baja			
		Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Valparaíso	Petorca	229,4	55,8	37,3	322,5	298,8	36,5	37,3	372,6	258,3	43,5	37,3	339,1
	La Ligua	229,4	55,8	37,3	322,5	268,5	45,7	37,3	351,5	254,7	48,6	37,3	340,6
Metropolitana	Aconcagua	236,1	130,1	37,3	326,5	270,3	45,0	37,3	352,6	210,9	59,3	37,3	307,5
	Maipo	189,6	72,0	37,3	298,9	268,4	50,8	37,3	356,5	268,4	55,4	37,3	361,1
O'Higgins	Cachapoal	195,8	71,4	37,3	304,5	245,9	64,8	37,3	348,1	270,2	53,6	37,3	361,1
	Tinguiririca	178,7	83,8	37,3	299,8	256,9	64,1	37,3	358,3	257,5	63,5	37,3	358,3
Maule	Maule	166,1	65,8	37,3	320,3	250,1	79,6	37,3	367,0	241,6	68,0	37,3	346,8

En Durazno conservero, los valores más altos de huella hídrica total, se obtienen en la zona media de la cuenca del rio Petorca, y los más bajos en la zona alta del rio Maipo. El componente azul, presenta los valores más altos de este indicador, al igual que la huella total, en la zona media de la cuenca del Petorca, y los valores menores, en la zona alta del Maule.

Con respecto al componente verde, los mayores valores de este indicador, se presentan en la zona alta de la cuenca del rio Aconcagua, y los inferiores en la zona media de la cuenca del rio Petorca.

2. Huella hídrica real

Las Figuras 61a, b, c y d muestran las huellas hídricas real, referencial y la estimada por el Water Footprint para el cultivo de durazno conservero en las principales regiones productoras.

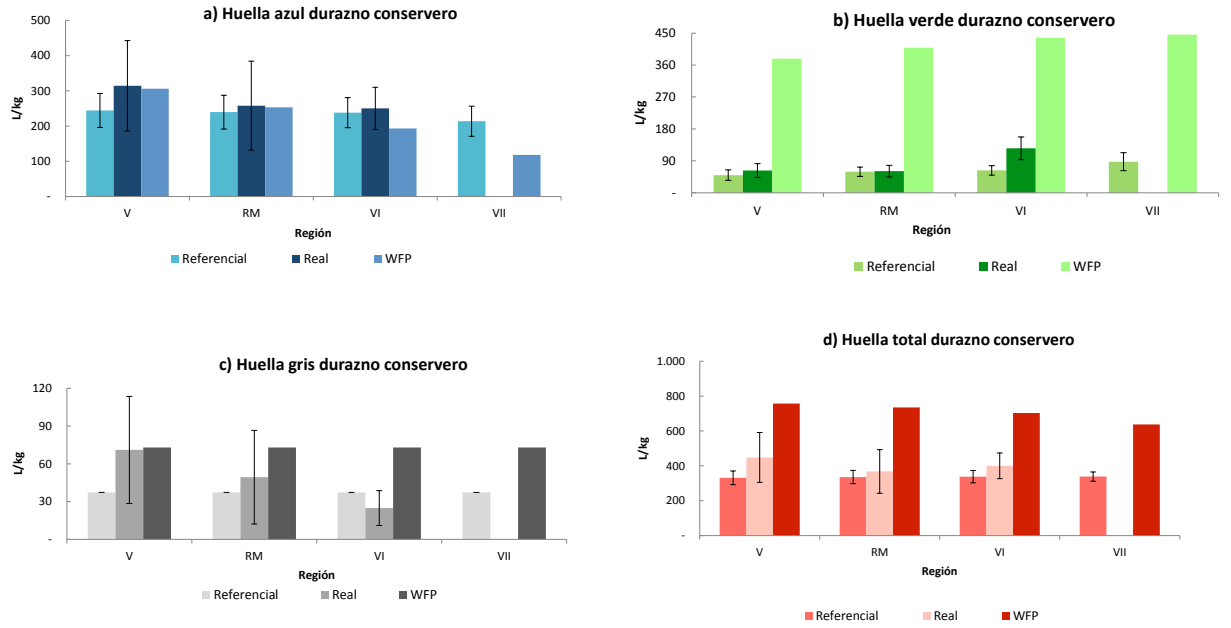


Figura 61. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Durazno Tipo Conservero para las Regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

En todas las zonas productoras analizadas, los valores de huella hídrica real son levemente mayores a los referenciales en todos los componentes, a excepción de la huella hídrica gris en la región de O'Higgins. Si se comparan con los informados por el Watter Footprint, estos últimos son mayores en todas las zonas productoras, esto está asociado a la gran magnitud de la huella hídrica verde y gris informada.

En la Figura 62. Se muestran los valores de huella hídrica calculados por el wáter footprint para los principales países productores y exportadores de duraznos tipo conserveros.

China presenta los valores más altos de huella hídrica total seguido por Argentina y Sudáfrica; determinados por los valores de huella hídrica verde obtenidos en dichos países Chile, España y Grecia, presentan valores de huella hídrica total más bajos, pero igualmente influenciados por los valores de huella hídrica verde, la cual es similar, marcando la diferencia entre estos países, la huella hídrica azul.

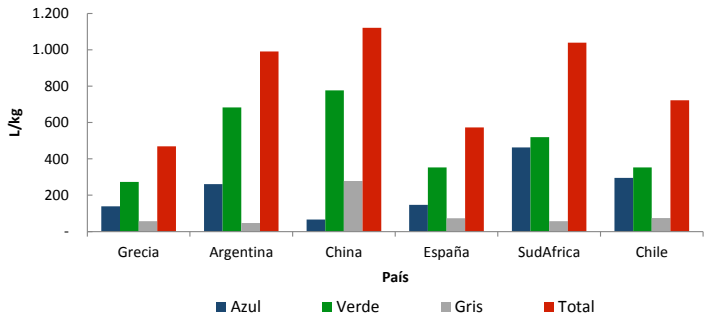


Figura 62. Comparación de huella hídrica para durazno conservero con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

3. Conclusiones

El durazno conservero presenta una huella hídrica real azul en rangos semejantes a los referenciales y a los del Water Footprint, para las regiones de Valparaíso y Metropolitana y algo superiores a éstos en la Región de O'Higgins. En relación a la huella verde, el valor real en las regiones de Valparaíso, Metropolitana y de O'Higgins es muy inferior al reportado por el Water Footprint. La huella hídrica gris, también alcanza valores mucho menores a los reportados por el Water Footprint, especialmente en las regiones Metropolitana y de O'Higgins.

La huella gris calculada para el durazno en las regiones de Valparaíso y Metropolitana, aparece mayor que la referencial, demostrando la necesidad de ajustar la dosis de fertilización nitrogenada de acuerdo a análisis de suelo y a los rendimientos potenciales del huerto en la condición agroecológica dada.

El durazno presenta huellas hídricas totales reales, menores que las informadas por el Water Footprint y en rangos superiores pero cercanos a los referenciales para el cultivo, lo cual refleja algunas brechas importantes en relación a los rendimientos potenciales del cultivo especialmente para la Región de Valparaíso. Esta situación representa oportunidades de mejoramiento de los rendimientos potenciales del cultivo, por medio de la adopción de mejores prácticas de manejo de esta especie en la Región.

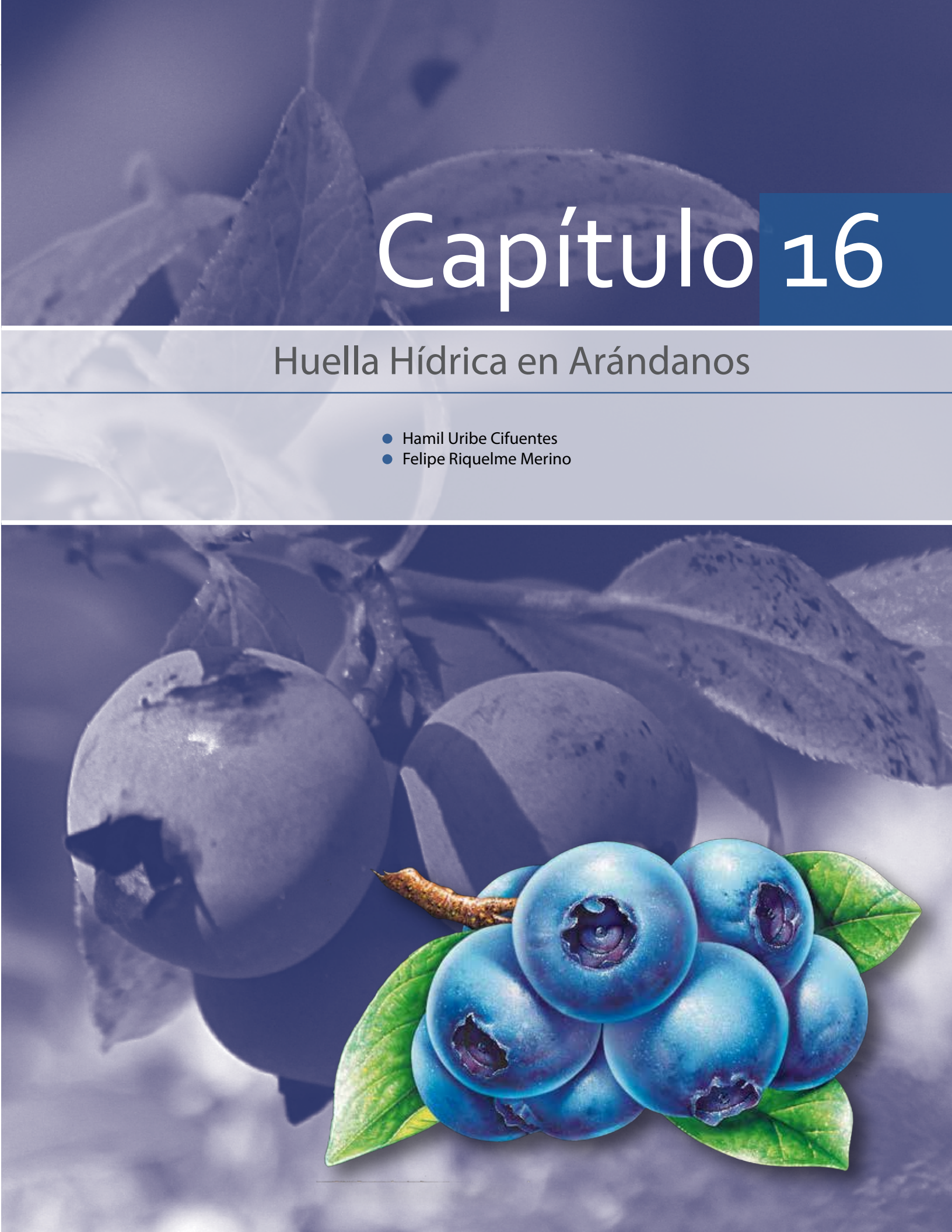
Agradecimientos.

Los autores agradecen a Miguel Irarrázaval Lagos, egresado Agronomía U. Mayor, por su colaboración en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 16

Huella Hídrica en Arándanos

- Hamil Uribe Cifuentes
- Felipe Riquelme Merino



Capítulo 16

Huella hídrica en Arándano

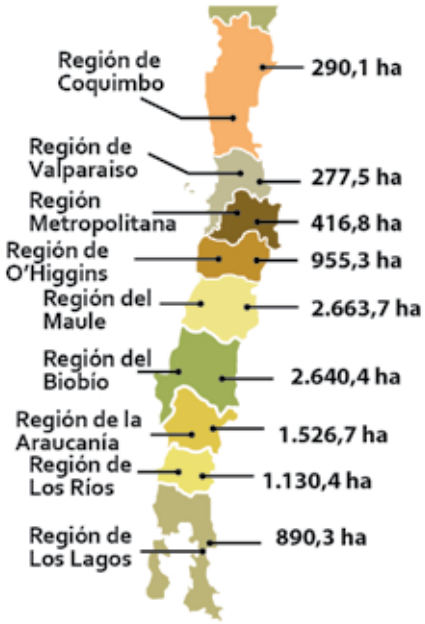


Figura 63. Superficie de Arándano por Región.

El arándano o blueberry *(Vaccinium corymbosum)*, es un frutal menor nativo de Norteamérica, considerado dentro del grupo de los berries y fue introducido a Chile a principios de la década de los ochenta. Existen tres tipos de arándanos: el arándano "alto" (high bush), Vaccinium corymbosum L., el arándano "ojo de conejo" (rabbit eye) Vaccinium ashei R., y el arándano "bajo" (low bush), Vaccinium angustifolium.

Los arándanos crecen dentro de una amplia gama de climas, debido a que sus requerimientos de horas frío varían entre 400 y 1.100 horas, según la especie, con temperaturas medias en verano de 14–15°C. Los arbustos bajos son más exigentes en horas frío, por lo que se adaptan mejor en zonas frías y esto hace que se les prefiera en áreas aptas para manzanos; en tanto los arbustos altos son más resistentes a sequías y tienen menores requerimientos de frío. Esta especie se distribuye entre la Región de Coquimbo y la de Los Lagos.
La Figura 63 presenta un resumen de las superficies cultivadas en Chile de acuerdo al censo agropecuario del año 2007.

Los principales demandantes de arándanos en el mundo son Estados Unidos y Europa. A Estados Unidos se envía alrededor del 85% de la producción de arándanos, registrándose un sostenido aumento de la demanda en los últimos años. La demanda de arándanos importados por Estados Unidos se concentra entre los meses de noviembre a mayo, época que coincide con las producciones chilenas. En Europa, que representa el segundo poder comprador para el producto chileno, las importaciones de arándanos sobrepasan en la actualidad las 11.000 toneladas, observándose una fuerte tendencia al aumento.

Los mayores productores de arándanos son Estados Unidos, Europa y Canadá, pero al estar en el hemisferio norte su producción no coincide con la chilena. Canadá está aumentando la producción de arándanos congelados, que se ofrece en la época en que Chile llega a los mercados, pero siempre se mantienen las preferencias por el producto fresco, por lo que los precios no se ven mayormente afectados.

Australia es sin duda el principal competidor de Chile, y aunque su producción no es grande, ha alcanzado un lugar importante en los mercados, debido a que ofrece un fruto de muy buena calidad, lo que se ha visto reforzado con políticas publicitarias y campañas tendientes a mantener y mejorar la imagen de su producto.

Demanda de agua y fertilización nitrogenada del arándano

La demanda de agua se calculó a partir de la evapotranspiración potencial mensual obtenida de los Distritos Agroclimáticos y los coeficientes de cultivo (kc) adaptados para Chile. Los kc, llevados a escala mensual, se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Coeficientes de Cultivo para arándanos.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
arándano	1.0	1.0	0.9	0.8	0.2	0.2	0.2	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0

Por otra parte, la precipitación efectiva, que cubre parte de la demanda de agua, fue estimada a partir de precipitaciones mensuales de los Distritos Agroclimáticos, utilizando la siguiente ecuación:

$$PP_{eff} = \begin{cases} 0.6PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 10 & PP \leq 70\frac{mm}{mes} \\ 0.8PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 24 & PP > 70\frac{mm}{mes} \end{cases}$$

Donde:
- PPeff = precipitación efectiva.
- PP= precipitación en mm.

Para la fertilización nitrogenada se consideró una recomendación general de profesionales del INIA de 60 Un/ha.

1. Huella hídrica referencial

Para la estimación de la huella hídrica referencial se asumió un rendimiento de 15 ton/ha y una fertilización de 60 Un. de nitrógeno por hectárea. La lixiviación estimada fue del 10% del N aplicado. El análisis fue realizado por cuenca hidrográfica y comuna y se presenta en la Tabla 28.

Tabla 28. Huella Hídrica para Arándanos por cuenca y comuna (L/kg)

Cuenca	Comuna	Huella Azul (L/kg)	Huella Verde (L/kg)	Huella Gris (L/kg)	Huella Total (L/kg)
Cuenca Río Elqui					
	Vicuña	791,7	4,0	40,0	835,7
Cuenca Río Limarí					
	OVALLE	541,7	11,7	40,0	593,4
Cuenca Río Choapa					
	SALAMANCA	438,5	10,5	40,0	488,9
Cuenca Río Petorca					
	PETORCA	680,8	29,1	40,0	749,9
Cuenca Río Ligua					
	CABILDO	687,2	29,2	40,0	756,4
Cuenca Río Aconcagua					
	NOGALES	673,3	45,9	40,0	759,2
	CATEMU	511,2	36,4	40,0	587,6
	QUILLOTA	670,0	45,4	40,0	755,3

Cuenca Río Maipo					
	LAMPA	686,5	32,0	40,0	758,6
	CURACAVI	670,3	45,4	40,0	755,7
	MARIA PINTO	671,5	45,6	40,0	757,1
	MELIPILLA	645,9	42,5	40,0	728,3
	BUIN	645,9	42,3	40,0	728,2
	PAINE	645,9	42,3	40,0	728,2
	CODEGUA	645,3	42,7	40,0	728,0
Cuencas Costeras Río Aconcagua - Río Maipo					
	CASABLANCA	647,2	42,5	40,0	729,7
Cuenca Río Rapel					
	LAS CABRAS	675,6	48,3	40,0	763,9
	LITUECHE	607,6	54,9	40,0	702,5
	LA ESTRELLA	660,2	50,8	40,0	751,1
	COLTAUCO	648,9	42,9	40,0	731,8
	MARCHIHUE	675,4	51,1	40,0	766,5
	SAN VICENTE	650,7	51,6	40,0	742,3
	CHIMBARONGO	652,1	61,6	40,0	753,6
	SANTA CRUZ	649,4	58,1	40,0	747,5
Cuenca Río Mataquito					
	TENO	652,7	61,3	40,0	754,0
	ROMERAL	652,7	61,4	40,0	754,0
	SAGRADA FAMILIA	652,6	69,3	40,0	761,8
	MOLINA	652,7	61,3	40,0	754,0
Cuenca Río Maule					
	RIO CLARO	652,7	61,3	40,0	754,0
	PENCAHUE	652,7	61,3	40,0	754,0
	PELARCO	653,7	71,6	40,0	765,3
	SAN CLEMENTE	616,3	80,5	40,0	736,8
	SAN JAVIER	648,5	63,9	40,0	752,4
	YERBAS BUENAS	652,7	61,3	40,0	754,0
	LINARES	622,2	86,1	40,0	748,3
	LONGAVI	636,2	81,9	40,0	758,1
	RETIRO	638,1	85,0	40,0	763,1
	CAUQUENES	643,4	66,8	40,0	750,2
	PARRAL	612,4	96,4	40,0	748,8
	NIQUEN	342,9	211,8	40,0	594,7
Cuenca Río Itata					
	SAN CARLOS	346,2	207,1	40,0	593,4
	PORTEZUELO	392,9	162,0	40,0	594,8
	SAN NICOLAS	404,7	155,0	40,0	599,7
	COIHUECO	396,4	149,2	40,0	585,6
	CHILLAN	367,3	182,1	40,0	589,4
	PINTO	397,8	148,3	40,0	586,1

	SAN IGNACIO	396,4	149,2	40,0	585,6
	BULNES	358,6	195,1	40,0	593,8
	EL CARMEN	396,4	149,2	40,0	585,6
	YUNGAY	389,7	170,3	40,0	600,0
	TUCAPEL	396,4	149,2	40,0	585,6
Cuenca Río Biobío					
	LAJA	455,2	119,5	40,0	614,7
	LOS ANGELES	369,2	180,7	40,0	589,8
	SANTA BARBARA	366,4	168,8	40,0	575,2
	MULCHEN	138,1	308,1	40,0	486,2
	ANGOL	475,7	117,9	40,0	633,6
	COLLIPULLI	586,6	106,0	40,0	732,6
	ERCILLA	403,8	155,7	40,0	599,5
Cuenca Río Imperial					
	VICTORIA	404,7	155,0	40,0	599,7
	PERQUENCO	404,7	155,0	40,0	599,7
	VILCUN	404,7	155,0	40,0	599,7
	FREIRE	358,1	190,7	40,0	588,8
Cuencas Río Toltén					
	CUNCO	392,2	158,9	40,0	591,2
	PITRUFQUEN	221,9	267,9	40,0	529,8
	LONCOCHE	276,0	242,2	40,0	558,2
Cuenca Río Valdivia					
	MARIQUINA	243,2	261,4	40,0	544,6
	PANGUIPULLI	239,4	207,5	40,0	486,9
	VALDIVIA	130,2	269,1	40,0	439,3
Cuenca Río Bueno					
	PAILLACO	148,6	235,3	40,0	423,9
	LA UNION	212,4	211,6	40,0	464,0
	SAN PABLO	213,4	211,4	40,0	464,8
	OSORNO	239,4	207,5	40,0	486,9
	RIO NEGRO	212,5	211,4	40,0	463,9
	PURRANQUE	212,5	211,4	40,0	463,9

Para tener una mayor visualización de los valores del cuadro anterior, se presentan las Figuras 64a, b, c y donde se muestran las huellas hídricas referencial, para el arándano en las principales cuencas productoras al año 2007. Se puede apreciar que existe una amplia zona que llega hasta la cuenca del Maule, en la región del mismo nombre, que tiene una huella azul similar. Hacia el sur la huella azul decrece. hasta llegar a un valor promedio de 200 l/kg. Los valores de la huella hídrica total, siguen la misma tendencia.

Por otro lado, la huella verde presenta valores bajos y con crecimiento leve hasta la cuenca del río Rapel, en la Región de O'Higgins, para luego aumentar con mayor fuerza hacia el sur llegándose a valores cercanos a 250 l/kg . La huella gris se consideró constante en este estudio.

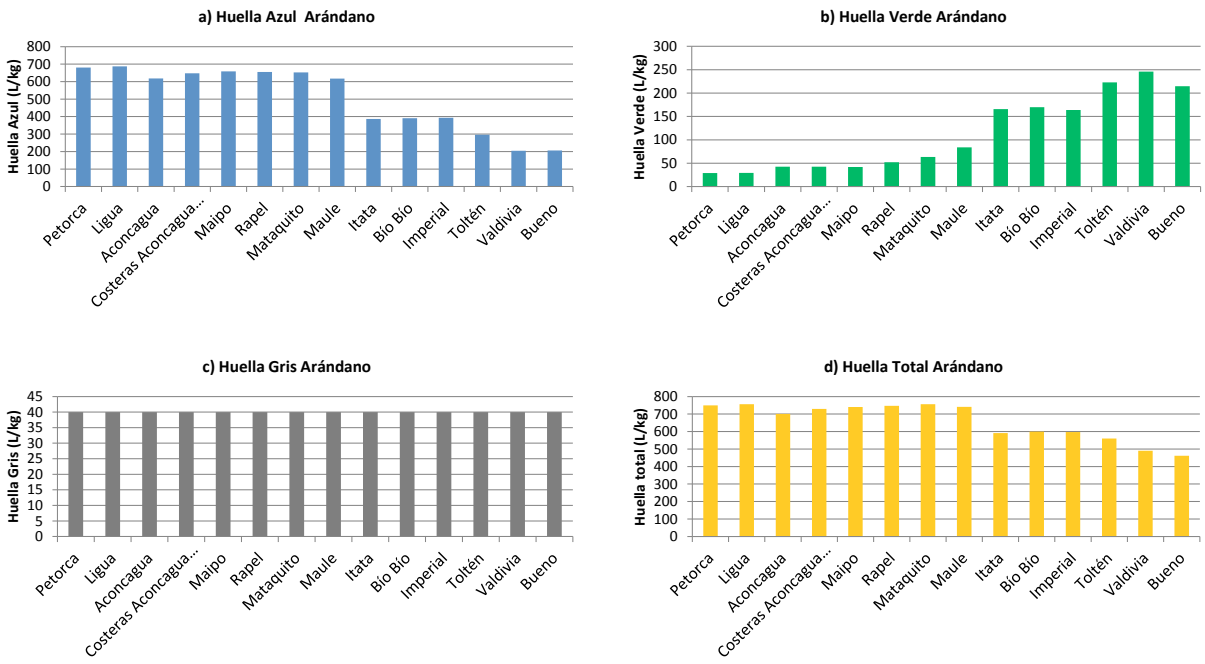


Figura 64. Comparación de huella hídrica referencial en Arándano promedio por cuenca hidrográfica. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total. Graficado en orden de norte a sur.

Se debe hacer notar que las estimaciones de huella hídrica referencial fueron realizadas considerando un rendimiento de 15 Ton/ha, que es un valor realista para el país. Sin embargo en encuestas realizadas se registraron rendimientos observados menores en productores medianos lo que significaría que la huella hídrica podría ser mayor a los resultados referenciales en muchos casos. Además la variabilidad encontrada en las encuestas fue muy alta, tanto en rendimientos como en agua aplicada.

Existe información a nivel global que dan valores de 341; 334 y 170 L/kg de huella verde, azul y gris, respectivamente, resultando en un total de 845 L/kg (Mekonnen y Hoekstra, 2011). Al comparar este valor, con los obtenidos en Chile (Figura 64d), se puede observar que las diferencias no son tan apreciables desde la cuenca del Maule al norte y significativamente menores, desde el Itata al sur.

La huella azul de Chile resultó mayor al promedio global desde la región de la Araucanía hacia el norte y menor hacia el sur. Por otra parte, la huella verde en todas las regiones de Chile resultó menor al valor global, son valores inferiores a 250 L/kg. La huella gris que se obtuvo para Chile es apreciablemente menor al valor global.

2. Conclusiones

El cultivo del arándano se ha extendido ampliamente a lo largo del país. La huella total presenta una amplia zona donde los valores son similares hasta la región del Maule y luego decrece de norte a sur, lo mismo que la huella azul. En el caso de la huella verde, esta presenta valores crecientes de norte a sur, llegándose a un valor de 250l/kg en la cuenca del río Valdivia. La huella gris se calculó en forma general y se consideró homogénea para todo el país, sin embargo faltan estudios para obtener valores sitio específicos de mayor exactitud.

Los valores de huella hídrica obtenidos para Chile en este trabajo son menores que los existentes a nivel global, sin embargo aún es posible disminuir más tales valores al aumentar los niveles de rendimiento, especialmente en productores medianos.

Chile tiene un buen nivel tecnológico en este rubro, sin embargo es factible mejorar en tal sentido y para ello sería de gran importancia lograr un mejor manejo del riego, que le permita obtener adecuados niveles de agua en el suelo; tendiendo con ello homogenizar el nivel de manejo del cultivo.

Entre las opciones para lograr mayores rendimientos que reducirían la huella hídrica estarían: mejorar la selección de variedades, mejorar el manejo del agua en el suelo, controlar enfermedades.

Capítulo 17

Huella Hídrica en Arroz

- Hamil Uribe Cifuentes.
- Felipe Riquelme Merino

Capítulo 17

Huella hídrica en Arroz

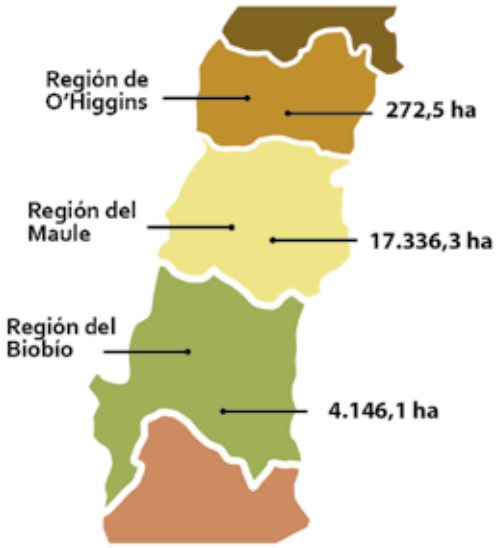


Figura 65. Superficie de Arroz por Región.

El arroz (*Oryza sativa L.*) es una especie de la familia de las gramíneas o poáceas, que se encuentra dentro del grupo de los llamados cereales. Es también uno de los cultivos de valor alimenticio de más larga data en el mundo, remontándose a unos 6.000 años antes del presente.

Las primeras variedades liberadas en el país provinieron de la selección de los diferentes tipos que conformaban el arroz que se sembraba en Chile, conocido como nacional. Ese proceso culminó con la variedad Oro INIA que marcó una era en la producción arrocera, ya que durante algunos años cubrió casi la totalidad de la superficie nacional.
Actualmente se sigue sembrando, pero la superficie que ocupa es pequeña.

Otra variedad que ha marcado la producción es la Diamante-INIA, que en los últimos años ha dominado la producción arrocera. Con ella se introdujo al cultivo comercial el grano largo ancho y translúcido.

En el año 1997 se liberó la variedad Brillante-INIA de grano largo ancho translucido y buen potencial de rendimiento y en 2003 se liberó Ámbar-INIA, variedad diferente a las anteriores, en tipo de planta, tipo de grano y contenido de amilosa.

Según el Censo 2007, en Chile existían 21.754,9 ha sembradas con arroz, las cuales se concentraban principalmente en la Región del Maule, abarcando cerca del 80% del total nacional, seguida de la Región del Biobío con un 19% de la superficie y con un pequeño porcentaje la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (Figura 65).

Demanda de agua del arroz y fertilización nitrogenada

La demanda de agua del arroz se calculó a partir de la evapotranspiración potencial mensual obtenida de los Distritos Agroclimáticos y los coeficientes de cultivo (kc) adaptados para Chile de acuerdo a la fenología del cultivo. Los kc, llevados a escala mensual, se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Coeficientes de Cultivo (Kc) para arroz.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Arroz	1.2	1.0	0.2							1.1	1.1	1.1

Por otra parte, la precipitación efectiva, que cubre parte de la demanda de agua, fue estimada a partir de precipitaciones mensuales de los Distritos Agroclimáticos, utilizando la ecuación:

$$PP_{eff} = \begin{cases} 0.6PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 10 & PP \leq 70\frac{mm}{mes} \\ 0.8PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 24 & PP > 70\frac{mm}{mes} \end{cases}$$

Donde:
- PPeff = precipitación efectiva.
- PP= precipitación en mm.

Para la fertilización nitrogenada se consideró una dosis de 100 Un/ de nitrógeno por temporada. Se asumió que se pierde un 5% del N aplicado por lixiviación. Bajo estas condiciones se consideró un rendimiento esperado de 8ton/ha.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 30 se presentan los valores de huella hídrica para el cultivo de arroz, en las distintas cuencas hidrográficas, separados por comuna. Se hace notar que los cálculos se basaron en el rendimiento del arroz con cáscara. La huella azul resultó ser siempre la más alta y ella crece de sur a norte; mientras que la huella verde crece hacia el sur; producto de las condiciones climáticas, las cuales registran un incremento de las precipitaciones hacia el sur del país.

La huella gris fue calculada en forma similar en toda el área arrocera, considerando una fertilización de 100 U de N por hectárea y un 5% de pérdidas por lixiviación. La metodología aplicada tiene la limitación de ser muy general, pero es la usada normalmente para este cálculo.
La huella total tiende a disminuir hacia el sur, sin variar mayormente en dirección este-oeste, ésto asociado a los niveles de evapotranspiración del área arrocera.

Tabla 30. Huella Hídrica para Arroz por cuenca y comuna (L/kg)

	Comuna	Huella Azul (L/kg)	Huella Verde (L/kg)	Huella Gris (L/kg)	Huella Total (L/kg)
Cuenca del Río Maule					
	Talca	1145,2	17,3	62,5	1225
	Maule	1131,5	20,5	62,5	1214
	San Javier	1114,7	12,7	62,5	1190
	Villa Alegre	1131,1	20,2	62,5	1214
	Yerbas Buenas	1120,5	10,9	62,5	1194
	Linares	1132,3	21,2	62,5	1216
	Longavi	1131,1	21,4	62,5	1215
	Retiro	1125,1	24,1	62,5	1212
	Parral	1106,5	24,4	62,5	1193
Cuenca Río Itata					
	San Carlos 1	726,3	164,1	62,5	953
	San Carlos 2	754,1	138,8	62,5	955

En las Figuras 66a, b, c y d se muestran las huellas hídricas referenciales agrupadas por cuenca

hidrográfica, visualizándose gráficamente los valores indicados en la tabla 30. En relación a los valores resultantes, la huella hídrica azul presenta valores numéricamente muy superiores a las huellas verde y gris, desprendiéndose la gran dependencia al riego que tiene este cultivo. También se puede apreciar que la huella hídrica total marca una diferencia en ambas cuencas al igual que la huella azul, con menores valores en la cuenca del Río Itata; caso contrario ocurre con la huella verde la cual presenta los valores menores en la cuenca del río Maule, ubicada más al norte.

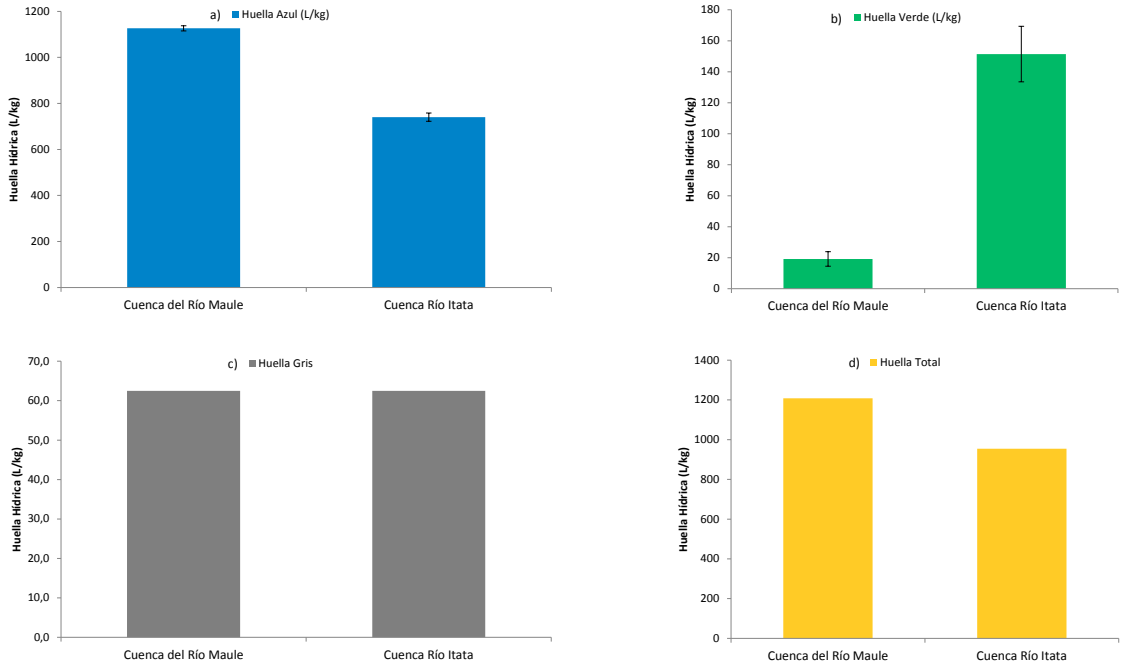


Figura 66. Comparación de huella hídrica referencial para las cuencas productoras de arroz. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 67 muestra las huellas hídricas calculadas por el Water Footprint de los principales países productores de arroz.

Chile presenta una huella hídrica total 15% menor al promedio mundial. La huella verde es la más baja (20% del promedio mundial); sin embargo eso se compensa con una huella azul alta (40% mayor al promedio), siendo superado solo por Pakistán. En ambos casos la explicación sería el clima Mediterráneo en que se cultiva el arroz en Chile, además de ser un cultivo de primavera verano en que no hay lluvias.

La huella gris resultó ser una de las más bajas (30% menor que el promedio), explicado por el bajo nivel de lixiviación relacionado al tipo de suelo arrocero de Chile que presenta baja infiltración y una capa de tosca impermeable a poca profundidad.

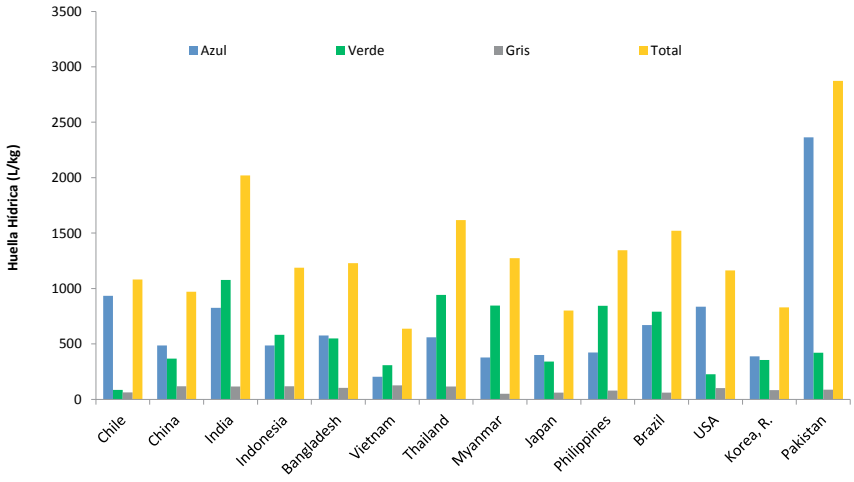


Figura 67. Comparación de huella hídrica del arroz de los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

2. Conclusiones

El arroz en Chile presenta ciertas dificultades dado que se cultiva en condiciones de clima Mediterráneo. Esto tiene mucha relación con el uso de agua, que además de abastecer los requerimientos del cultivo, sirve para controlar la temperatura. La superficie cultivada no es muy grande (actualmente 25.000 ha) y se ha producido un desarrollo productivo más lento comparado a otros cultivos, como por ejemplo la remolacha. La tecnificación es de nivel medio lo que se traduce en una huella del agua que, estando bajo el promedio mundial, no es de las más bajas.

Sin embargo se continúan realizando trabajos de investigación que en el futuro próximo podrían conducir hacia menores valores de huella del agua para la producción arrocera nacional. Especialmente se están abordando temas como nuevas variedades que se adapten mejor al clima frio, mejor manejo del agua para reducir el requerimiento de riego y estudios sobre fertilización del cultivo. Todo ello llevará a obtener mejores rendimientos, con menor consumo de agua y fertilizantes, reduciendo la huella hídrica.

Capítulo 18

Huella Hídrica en Maíz

- Sofía Felmer Echeverría
- Alexis Pérez Ríos
- Paula Riquelme Salinas

Capítulo 18

Huella hídrica en Maíz

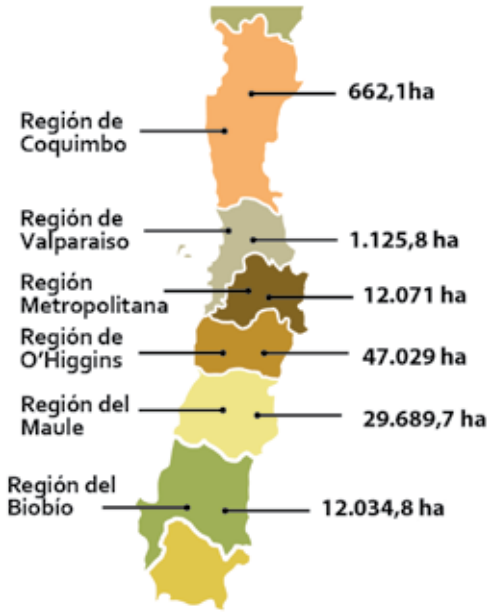


Figura 68. Superficie de Maíz por Región.

En Chile, el Maíz es una especie originaria de América, perteneciente a la familia Poaceae y, a diferencia de la mayor parte de las especies pertenecientes a esta familia, es una especie monoica.

Se utiliza tanto para la alimentación humana como animal, siendo los maíces dulces para consumo humano y los maíces de grano para alimentación animal (principalmente aves y cerdos).

En Chile, el maíz se cultiva principalmente desde la Región de Valparaíso a la Región del Biobío. La mayor concentración la tiene la Región de O'Higgins con 47.029 ha (45% del país), le sigue la región del Maule con 29.689,68 ha (28%), la Región Metropolitana y la del Biobío, con un 11% cada una. Como se observa en la Figura 68.

En Chile, la producción de maíz alcanzó 784 mil toneladas anuales, como promedio durante el periodo 1997-2001, y se ha ido concentrando cada vez más en las Regiones Metropolitana, de O'Higgins y del Maule. Estas Regiones, en conjunto, aportaron anualmente un 96,6% del valor bruto de la producción total nacional de maíz en el periodo 1997-2001.

La Región de O'Higgins, en particular, realiza una gran contribución al valor de la producción (73,2%), que se debe a un conjunto de factores, entre los cuales se destacan fundamentalmente las condiciones de suelo y de clima. Estas condiciones, junto a la gran especialización que tienen los productores en el cultivo, permiten lograr muy altos rendimientos.

Estados Unidos es el principal país productor y exportador de maíz, concentrando sobre un 40% de la producción mundial. Sus exportaciones, que alcanzan casi a un 20% de su producción, representan más del 60% de las exportaciones a nivel mundial.

A continuación de Estados Unidos, los países exportadores más importantes, según promedios anuales en el periodo 1996-2000, son Argentina, Francia, China y Sudáfrica. China es por el momento un caso especial, ya que a veces actúa como exportador y otras como importador. Sus fluctuaciones en la producción afectan significativamente los precios internacionales.

1. Huella hídrica referencial

En la Tabla 31, se presentan los resultados de la huella hídrica de referencia, para toda la amplitud geográfica del producto mencionado.

Tabla 31. Huella hídrica para Maíz por Región, cuenca hidrográfica y zona (l/kg).

Región	Cuenca	Variedad	Zona alta				Zona media				Zona baja			
			Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total	Azul	Verde	Gris	Total
Coquimbo	Elqui	Maíz dulce	446,6	4,9	92,0	543,4	463,2	2,2	92,0	557,4	372,8	1,8	92,0	466,6
	Limarí	Maíz dulce	446,6	4,9	92,0	543,4	444,1	2,7	92,0	538,8	336,2	1,6	92,0	429,8
	Choapa	Maíz dulce	446,6	4,9	92,0	543,4	367,3	4,0	92,0	463,3	446,6	4,9	92,0	543,4
Valparaíso	Petorca	Maíz dulce	324,4	29,0	92,0	445,4	398,5	11,5	92,0	502,1	356,0	16,3	92,0	464,3
		Maíz grano	356,2	31,9	200,0	588,1	434,6	13,4	200,0	648,1	389,6	18,6	200,0	608,2
	La Ligua	Maíz dulce	324,4	29,0	92,0	445,4	369,3	17,1	92,0	478,4	354,7	19,1	92,0	465,8
		Maíz grano	356,2	31,9	200,0	588,1	403,9	19,9	200,0	623,8	388,3	21,9	200,0	610,2
Metropolitana	Aconcagua	Maíz dulce	303,7	33,9	92,0	429,6	370,8	16,7	92,0	479,5	340,9	25,5	92,0	458,4
		Maíz grano	332,5	39,3	200,0	571,8	405,4	19,6	200,0	625,0	372,9	29,9	200,0	602,8
	Maipo	Maíz dulce	264,7	45,1	92,0	401,9	347,7	19,5	92,0	459,2	345,1	20,3	92,0	457,5
		Maíz grano	344,8	61,5	200,0	606,3	450,1	26,4	200,0	676,5	407,3	25,3	200,0	632,6
O'Higgins	Rapel	Maíz dulce	292,3	42,6	92,0	426,9	350,7	24,6	92,0	467,3	340,1	28,0	92,0	460,1
		Maíz grano	369,0	56,4	200,0	625,4	450,4	30,6	200,0	681,0	455,1	40,6	200,0	695,7
Maule	Mataquito	Maíz dulce	224,7	76,8	92,0	393,5	319,2	41,8	92,0	453,0	307,5	27,3	92,0	426,8
		Maíz grano	345,0	112,8	200,0	657,8	479,8	66,9	200,0	746,8	462,8	43,2	200,0	706,0
	Maule	Maíz dulce	208,6	81,2	92,0	381,8	267,4	52,9	92,0	412,3	270,3	47,3	92,0	409,6
		Maíz grano	327,2	124,7	200,0	651,9	412,1	87,0	200,0	699,0	412,8	77,1	200,0	690,0
Biobío	Itata	Maíz dulce	139,7	88,9	92,0	320,5	167,2	68,8	92,0	327,9	95,7	118,9	92,0	306,6
		Maíz grano	242,7	145,4	200,0	588,1	283,5	116,8	200,0	600,3	164,3	200,5	200,0	564,8
	Biobío	Maíz dulce	178,2	71,1	92,0	341,3	150,7	80,7	92,0	323,4	183,3	69,5	92,0	344,7
		Maíz grano	242,9	152,4	200,0	595,3	281,2	122,4	200,0	603,7	309,3	121,2	200,0	630,5

La huella azul más alta para el maíz grano se presenta en la zona media de la cuenca del Mataquito (479,8 l/kg), influenciada principalmente por los rendimientos que se obtienen en esa cuenca. Para el maíz dulce el mayor valor se presenta en la zona media de la cuenca del Elqui (463,2 l/kg) en la región de Coquimbo. Por otra parte los menores valores se presentan en la zona baja de la cuenca del Itata (164,3 y 95,7 l/kg) para el maíz grano y dulce.

La huella verde para el maíz dulce presenta los valores más bajos en la zona baja de la cuenca del Elqui y para el maíz grano se presenta en la zona media del Petorca. En tanto los valores más altos se presentan en la zona baja de la cuenca del Itata para ambos maíces.

2. Huella hídrica real

2.1. Maíz grano

Las Figuras 69a, b, c y d muestran las huellas hídricas referencial, real y la estimada por el Water Footprint para el cultivo de maíz grano en las principales regiones productoras de Chile.

En el caso de la región de O'Higgins puede observar que la huella real azul y gris, son mayores que la huella referencial y la huella informada por el Water Footprint. En tanto la huella verde es menor que la calculada por el Water Footprint.

Por otra parte, la huella hídrica referencial es menor en todas las componentes, comparada con la huella real y con la informada por el Water Footprint.

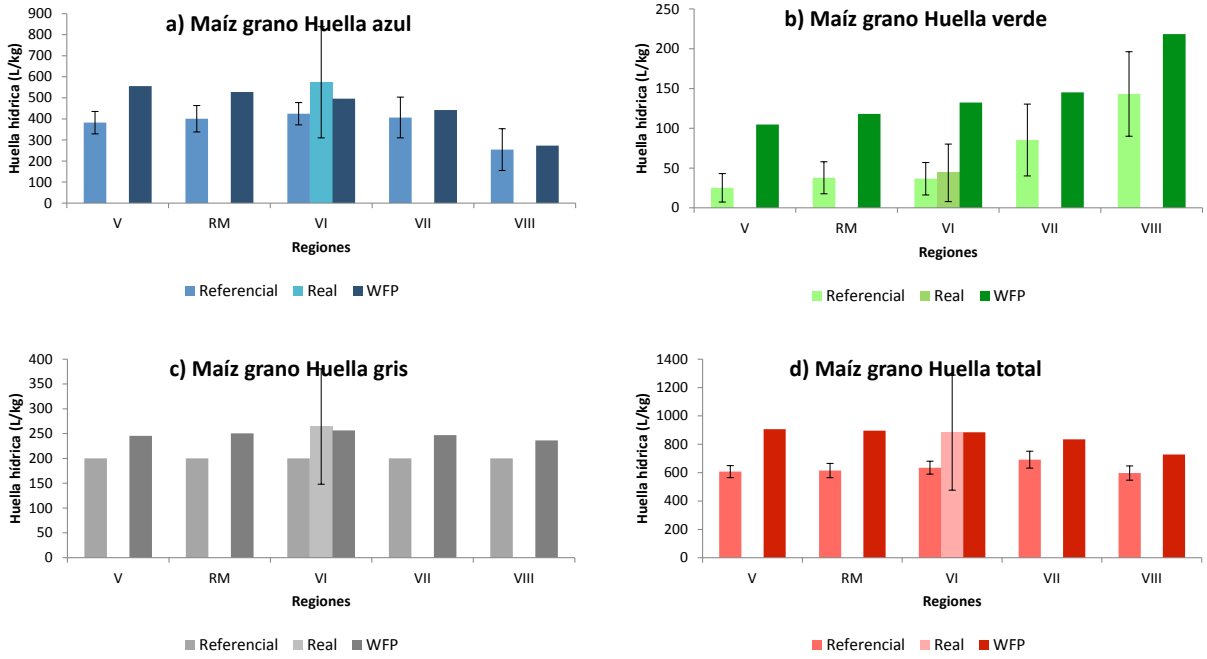


Figura 69. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Maíz de grano en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La huella hídrica gris, es uno de los factores de mayor incidencia en la huella total del maíz, dado que, los productores de maíz aplican grandes cantidades de nitrógeno al cultivo, sin tener un efecto en el rendimiento, es decir productores que aplican 400 unidades de nitrógeno obtienen 20 ton/ha y otros aplican 450 unidades de nitrógeno por hectárea y obtienen 13 ton/ha.Un gran porcentaje de este fertilizante es arrastrado (escurrimiento superficial) y lixiviado (percolación profunda) por el agua de riego, ya que la mayor parte de la superficie destinada a la producción de maíz se riega por métodos gravitacionales con un bajo control de, caudales en cabecera, y de tiempos y frecuencias de riego.

2.2. Maíz dulce

Las Figuras 70a, b, c y d muestran las huellas hídricas referencial, y la estimada por el Water Footprint para el cultivo de maíz dulce en las principales regiones productoras.

Se observa que la huella informada por el Water Footprint en las componentes azul, verde y total es superior a la huella referencial calculada en este estudio. Solo la huella gris presenta un valor más bajo que la huella referencial, con valores constantes entre las distintas zonas de cultivo. Por otro lado, las huellas informadas por el Water footprint presentan valores que corresponden a la distribución de precipitaciones a lo largo de la zona cultivada con maíz, donde la huella azul es mayor en el norte y la huella verde es mayor más al sur.

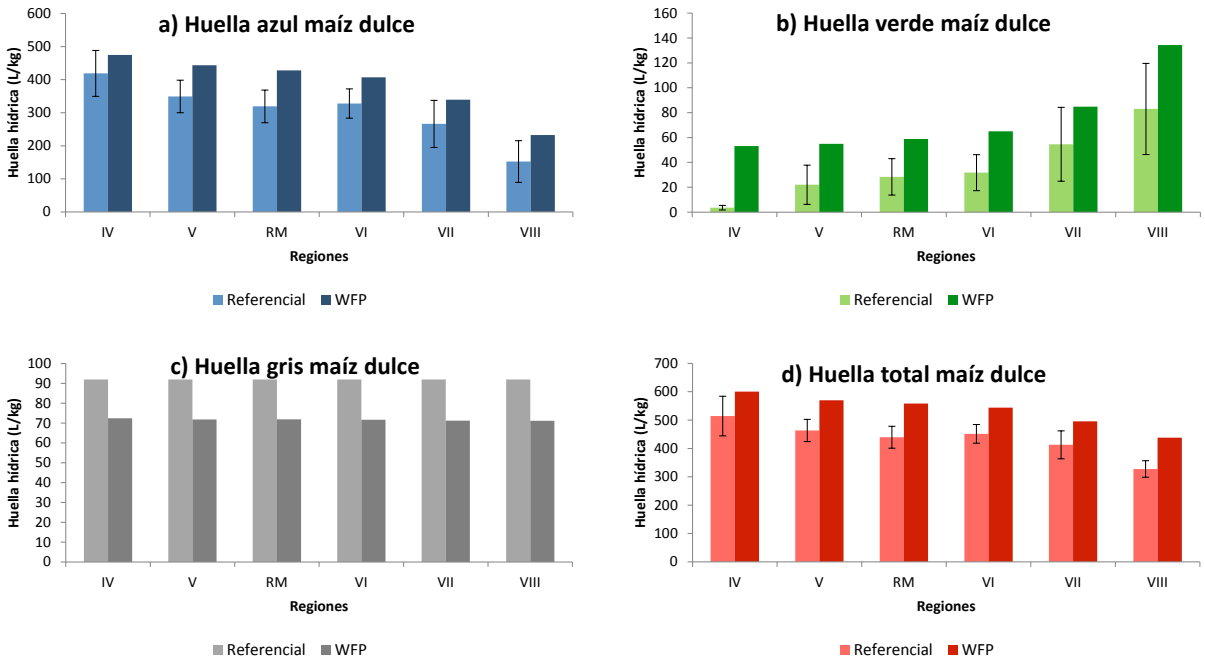


Figura 70. Comparación de huella hídrica real, referencial y WFP en Maíz Dulce en las regiones productoras. a) Huella hídrica azul, b) Huella hídrica verde, c) Huella hídrica gris y d) huella hídrica total.

La Figura 71 muestra los principales países productores de maíz grano con sus huellas hídricas calculadas por el Water Footprint.

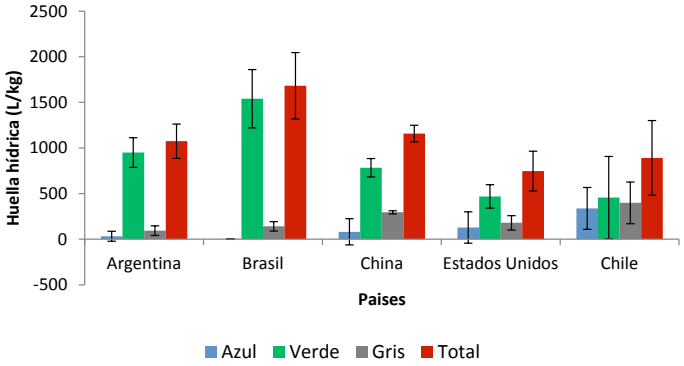


Figura 71. Comparación de huella hídrica para maíz grano con los principales países productores según datos obtenidos por el Water Footprint.

Brasil, China y Argentina presentan las huellas hídricas totales más altas, influenciadas principalmente por los valores de huella verde (Figura 71). Chile y Estados Unidos, presentan valores medios, donde al igual que los otros países influye mayormente la huella verde. Sin embargo, Chile presenta la huella azul más alta de todos los países que muestra esta gráfica al sostener su producción fundamentalmente en condiciones de riego. Específicamente, Estados Unidos presenta los valores más bajos de huella hídrica, con huellas azul y gris relativamente bajas, comparada con la de otros países.

Al igual que para maíz grano, la fertilización nitrogenada (determinante de la huella gris), es uno de los parámetros que influye en la huella total de este cultivo, se aplican grandes dosis de nitrógeno, el cual por la baja eficiencia de riego utilizado en este cultivo (riego gravitacional por surcos), es arrastrado hacia el subsuelo o hacia las acequias de desagüe.

3. Conclusiones

El maíz dulce y el grano, presentan huellas hídricas reales, tanto azul como gris, mayores que las de referencia y de las informadas por el Water Footprint.
La huella azul, se va haciendo más relevante hacia la zona norte, donde cada vez la huella verde va disminuyendo.

La huella gris se presenta como un componente importante dentro de la composición de la huella total, por las dosis de fertilización nitrogenada que se aplica a este cultivo en el país.

Agradecimientos.

Los autores agradecen a Felipe Bravo Rojas, egresado Agronomía U. Mayor, por su colaboración en la elaboración de este capítulo.

Capítulo 19

Huella Hídrica en Leche y Carne Bovina

- Francisco Salazar Sperberg
- Josué Martínez-Lagos

Capítulo 19

Huella hídrica en Leche y Carne Bovina

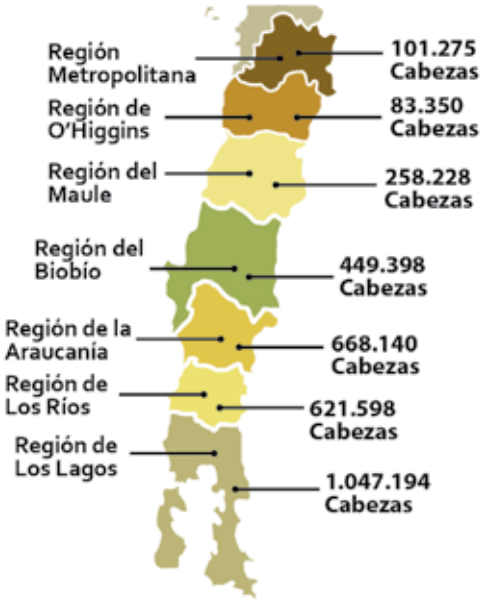


Figura 72. Cabezas de ganado Bovino por Región (INE, 2007)

En el 2011, las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos representaron cerca del 3,0% del PIB nacional (BCC, 2012). Algunos de los sectores productivos más importantes de esta zona del país son la industria manufacturera, los transportes y comunicaciones, la pesca y los servicios personales. Además, estas dos regiones se caracterizan por tener una alta producción agropecuaria, la que aporta directa e indirectamente (Ej. servicios, transporte, insumos, otros) al PIB. Este territorio presenta las características edafoclimáticas propias para facilitar el desarrollo de sistemas agropecuarios, los cuales se basan principalmente en pradera.

De las 3.718.532 cabezas de ganado bovino reportadas en el VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (INE, 2007), en las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos se concentran 1.047.194 y 621.598 cabezas de animales, respectivamente, lo que equivale al 28% y 17% de la masa bovina nacional (45% del total de Chile). Además, sobre 400.000 vacas que producen leche se encuentran en este territorio, representando más del 80% del total de las vacas lecheras de Chile concentradas en esta área (Consorcio lechero, 2012).

En este sentido, la producción láctea y de sus derivados constituyen una importante fuente de sustento a las familias del sur de Chile. Ejemplo de ello, es que del total de recepción mensual de leche fluida en plantas lecheras para el año 2011, las regiones de Los Lagos y de Los Ríos entregaron el 47% y el 29% del total, equivalente a 986.401.000 y 615.302.000 L/ año respectivamente (ODEPA, 2012).

Para sustentar la creciente demanda de leche y carne del país, en ambas regiones existen más de un millón de hectáreas con praderas naturales, mejoradas, artificiales y cultivos suplementarios destinados directamente a la producción animal. En estos sistemas la pradera es el principal alimento ofrecido a los animales durante todo el año. Sin embargo buena parte de la dieta también puede provenir de suplementos forrajeros como nabo y maíz, además de granos y concentrados.

Por otra parte, de acuerdo a la distribución regional del beneficio de ganado bovino durante el primer semestre de 2012 (en N° de cabezas) se benefició el 23,6% y el 9,6% del total del país, en las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos, respectivamente. Esto es equivalente a 38.748 toneladas de carne en 6 meses (33% del beneficio de bovinos de Chile) (ODEPA, 2012).

Por su marcada vocación agropecuaria, en las regiones de Los Lagos y de Los Ríos el sector agropecuario genera una gran cantidad de empleos en la producción primaria (ya sea formal o informal), encontrándose cerca del 80% de los productores de leche en esta área, con un 67% del total de superficie dedicada a este rubro a nivel nacional (Anrique, 1999). Muchos de ellos son pequeños productores que utilizan sus

productos para consumo propio o para comercio informal.

En el proceso de producción de leche y/o carne se utiliza gran cantidad de agua, tanto para producir el alimento para los animales, para la bebida de los mismos (Mekonnen y Hoekstra, 2011) además del agua utilizada para la limpieza de equipos e infraestructura de los predios lecheros. Por ejemplo, en el sur de Chile se ha estimado una producción media de agua sucia equivalente a un promedio diario de 36 litros/vaca (6 a 173 litros/vaca) (Salazar et al., 2003).

Mekonnen y Hoekstra (2010) estiman que la producción animal mundial requiere de 2.422 Gm^3 de agua al año (87,2% verde, 6,2% azul y 6,6% de aguas grises). La mayor parte del volumen total del agua utilizada (98%) se refiere a la huella hídrica del alimento para los animales y el 1,1% al agua de bebida. La cantidad de agua utilizada depende de los distintos sistemas de producción y manejo de los predios, zona edafoclimática, como también del tipo de suelo, existencia de cultivos suplementarios, entre otros.

En los últimos años se ha despertado el interés por parte de grupos de productores agrícolas, sectores de la industria, gobiernos y consumidores de productos lácteos y cárnicos por saber el impacto que la elaboración de estos tiene en los recursos hídricos de un territorio. En este sentido, la huella hídrica se constituye en un indicador que facilita la identificación y cuantificación del agua utilizada en la producción de leche y carne (Chapagain & Hoekstra, 2003). Los resultados de estas evaluaciones pueden ayudar a gestionar el uso de los recursos hídricos de manera más eficiente.

El objetivo de este capítulo es presentar las estimaciones obtenidas de la huella hídrica de la producción de un litro de leche, en un sistema basado exclusivamente en pastoreo y de un sistema con suplementación de nabo y maíz forrajero, además de la huella hídrica de la producción de un kilo de carne, basado en pastoreo para las regiones de Los Ríos y Los Lagos de Chile.

Como parte de este trabajo, también se evaluó la metodología propuesta para el cálculo de la Huella Hídrica, analizándose la aplicabilidad para predios de producción de leche y carne en Chile. Junto con ello se determinó la Huella Hídrica referencial, de acuerdo a lo descrito en el capítulo 2. Cabe destacar que a nivel mundial no existe a la fecha una metodología estandarizada para calcular la Huella Hídrica en sistemas de producción de leche o carne. La Federación Internacional Lechera (IDF) a través de un grupo experto está trabajando en estandarizar una metodología. Por todo lo anteriormente expuesto, los datos presentados en este trabajo son estimaciones.

1. Huella hídrica referencial

Como se mencionó anteriormente, la mayor producción de leche y carne se realiza, en las regiones del Sur de Chile (Los Ríos y Los Lagos), en sistemas de producción basados en praderas. Es por ello que la estimación de huella referencial se focalizó en estas regiones.

Para la estimación de la huella hídrica referencial se consideraron los siguientes sistemas productivos:

a) Producción de un litro de leche en un sistema 100% pastoril.
b) Producción de un litro de leche en un sistema pastoril (81%) con suplementación de forrajes, nabo (7%) y maíz forrajero (12%).
c) Producción de un kilo de carne en un sistema 100% pastoril.

Se asumieron rendimientos de pradera de 18 y 16 ton MS/ha/año, para la producción de leche y carne respectivamente, con una eficiencia de utilización del 70%. Para ambas regiones y por tratarse de sistemas productivos en condiciones de secano (sin riego), en el caso de la huella hídrica azul de la carne solo se consideró la estimación del agua de bebida de los animales mientras que para la leche se contabilizó el agua utilizada para lavado de equipos y limpieza de instalaciones además del agua de bebida.

En todos los casos, para la estimación de la huella verde se consideró la evapotranspiración del cultivo (cuando la precipitación efectiva fue mayor) y la cantidad de agua incorporada en el producto (leche, carne como productos principales y nabo y maíz para el cálculo de la huella de la leche con suplementación). Los datos de evapotranspiración de cultivos fueron obtenidos en FAO 56 (FAO, 2006).

Para la estimación de la huella gris (referencial) de la leche se consideró una fertilización nitrogenada de 350 kg N/ha/año para la pradera y el equivalente (82 kg N/año) como aporte de purines, de acuerdo a estimaciones realizadas por Salazar et al. (2003). En los cultivos forrajeros, nabo y maíz, se asumió una fertilización potencial de 200 y 250 kg N/ha/año, respectivamente. En praderas de carne la fertilización considerada fue de 90 kg N/ha/año, no existiendo aporte de purines para estos sistemas de producción (sin confinamiento).

Estudios previos demuestran que la lixiviación de N en suelos de la zona es muy baja por lo que se consideró el equivalente a 0,5% del N total aplicado como fertilizante y/o purín (Salazar et al., 2012). Para el cálculo de la producción de leche en un sistema con suplementación de nabo y maíz se asumió que la lixiviación es nula (0%) ya que los cultivos se producen en periodos donde no existe drenaje efectivo y por ende no hay lixiviación de nitrógeno.

Para la producción de leche en sistemas pastoriles se asumió un valor de 0,95 kg de MS y/o 1,0 kg de MS nabo/ maíz por litro de leche producido; mientras que para la producción de un kilo de carne se asumió que se necesitan 12 kg de MS. Los valores fueron estimados en base a juicio experto. Los datos climáticos utilizados fueron obtenidos de los distritos agroclimáticos planteados por CIREN.

Los resultados de la huella hídrica referencial para las Regiones de Los Ríos y Los Lagos se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Huella Hídrica referencial para leche y carne de las Regiones de Los Ríos y los Lagos.

Región	Producto	Huella hídrica referencial (L agua/L de leche o kg de carne)			
		Azul	Verde	Gris	**Total**
Los Ríos	**Leche (pradera)**	3	280	14	**297**
	Leche (pradera + forrajes)	2	270	11	**283**
	Carne	47	12.587	153	**12.787**
Los Lagos	**Leche (pradera)**	3	242	14	**259**
	Leche (pradera + forrajes)	2	233	11	**247**
	Carne	47	10.891	153	**11.091**

Los resultados muestran que la huella verde constituye el 93-95% de la huella total de la leche y el 98% de la huella total de la carne, siendo mayor la huella de ambos productos en la Región de Los Ríos. La mayor huella de esta región, se debe principalmente a diferencias en la precipitación efectiva/ evapotranspiración del cultivo en las distintas zonas. Las huellas hídricas azul y gris son bajas en ambas regiones, principalmente porque la producción se realiza en secano lo que reduce la huella azul, además porque la tasa de lixiviación del N en el suelo es baja lo que condiciona la huella gris.

La huella hídrica referencial de un sistema basado en pradera y uno en pradera más suplementación es similar, lo que indica que la inclusión de cultivos suplementarios como nabo y maíz forrajero, producido en el mismo predio o zona agroclimática, en la dieta de los animales no tiene un impacto significativo en el uso del agua. La similitud de las huellas de ambos sistemas se produce porque en ninguno de los dos casos se considera el agua de riego (lo que disminuye la huella azul), siendo atribuido el resultado de la huella hídrica principalmente a diferencias en la evapotranspiración (huella verde).

La huella hídrica referencial para carne es considerablemente mayor que la huella de la leche debido a las variaciones en la eficiencia de conversión. En este sentido, el tipo de sistema de producción es relevante para la magnitud, composición y distribución geográfica de la huella hídrica de la carne, principalmente por la influencia que este tiene en la conversión de alimento en producto animal.

De acuerdo a los datos reportados internacionalmente el sistema de producción de carne basado en pastoreo presenta la huella hídrica más alta, seguido por los sistemas mixtos e industriales. Las diferencias entre sistemas radica en que a medida que se industrializa la producción de carne, las eficiencias de conversión mejoran; ejemplo de ello, es que por unidad de producto se necesitan tres o cuatro veces más alimento por animal en sistemas de pastoreo en comparación con los sistemas industriales (Mekonnen y Hoekstra, 2012).

2. Huella hídrica real

La información base fue obtenida a través de encuestas presenciales (11) y colecta de información vía electrónica en predios de las Regiones de Los Ríos y los Lagos. Siete de estos predios pertenecían a productores de leche y cuatro a productores de carne. Se colectó información en un número mucho mayor de predios (25), sin embargo la falta de registros completos fue un obstáculo para el cálculo de la huella hídrica en todos los predios.

En la comuna de Maullín fueron encuestados 3 predios de productores (25-77 cabezas) con productividades que van desde 147.241 a 800.000 L de leche al año. En Los Lagos se encuestó dos predios de productores (167-200 cabezas) cuya producción varía entre 1.280.522 a 1.500.000 L de leche al año. En las comunas de los Muermos y La Unión se encuestó un predio por comuna, respectivamente.

Para el cálculo de la huella hídrica de la carne fueron encuestados dos productores de la comuna de Los Lagos (587-784 cabezas) con productividades que van desde 53.600 a 142.300 kg de carne al año. Mientras que en la comuna de Los Muermos también fueron encuestados dos predios (49-355 cabezas) cuya producción varía entre 4.540 a 131.000 kg de carne al año.

Los datos solicitados a los productores estaban relacionados con la cantidad y tipo de alimento utilizado al año, cantidad de animales, producción de leche o carne al año, generación de purines, entre otros. Por otra parte, al igual que para la evaluación de la huella referencial, en la huella real se utilizaron datos cde los distritos agroclimáticos planteados por CIREN. Además, para el cálculo de la huella gris de la producción de leche se asumió una fertilización de praderas de 100 kg N/ha y para la producción de carne de 50 kg N/ha/año debido a la falta de registros sobre uso de fertilizantes en los predios encuestados.

Los resultados de la huella hídrica real para las regiones de Los Ríos y Los Lagos se presentan en la Tabla 33. Las Figuras 73 y 74 muestran las huellas hídricas referenciales, reales y globales (estimada por Mekonnen y Hoekstra, 2012) tanto para leche como para carne.

Tabla 33. Huella hídrica real para leche y carne de las regiones de Los Ríos y los Lagos.

Región	Producto	Huella hídrica real (L agua/L de leche o kg de carne)			
		Azul	Verde	Gris	**Total**
Los Ríos	**Leche**	64	356	63	**484**
	Carne	90	26.760	47	**26.897**
Los Lagos	**Leche**	93	537	82	**712**
	Carne	73	27.696	79	**27.848**

Las variaciones en la huella hídrica de la leche y de la carne en ambas regiones (484 y 712 L de agua/

L de leche y 27.848 y 26.897 L de agua/ kg de carne) se deben principalmente a las distintas tasas de evapotranspiración y al manejo y cantidad de alimento ofrecido a los animales. Como era de esperarse, el valor de la huella hídrica de la carne supera ampliamente al de la huella hídrica de la leche en concordancia con resultados reportados internacionalmente (ej. Mekonnen y Hoekstra, 2011).

Tanto para la leche como para la carne la huella verde constituye la mayor parte de la huella hídrica del producto (74-75% para leche y 99% para la carne). Esto indica que la mayor parte del agua utilizada en la producción de leche y carne proviene de la precipitación efectiva que cae sobre plantas y el suelo, y que pasa a ser parte de la humedad de las plantas o bien es consumida mediante evapotranspiración.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo esperado, ya que la producción de leche y carne en las Regiones de Los Ríos y Los Lagos está basada en sistemas pastoriles, siendo la condición natural de estos la alta pluviometría y baja evapotranspiración. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, bajo las condiciones de la zona central del país se esperaría una mayor contribución de huella hídrica azul y gris en la producción de leche y de carne.

Se observaron bajas huellas hídricas azules para ambas regiones (13% y 0,3% de la huella hídrica total para leche y carne, respectivamente) en respuesta a que en la zona predomina la agricultura de secano donde el productor, en general, no utiliza agua para riego. Por consiguiente, el agua "azul" proviene principalmente del agua de bebida de animales (leche y carne) y de la limpieza de salas de ordeña y patios de alimentación (leche).

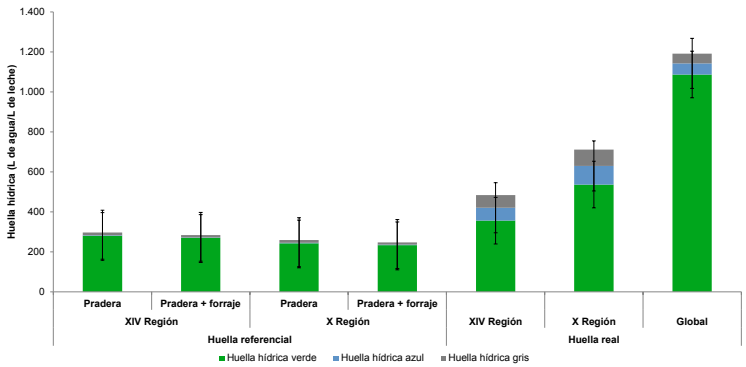


Figura 73. Comparación de la huella hídrica referencial, real y global de la leche.

La huella gris constituye entre el 12 y 13% de la huella hídrica total de la leche y entre 0,3 y 1% de la huella hídrica total de la carne. Las diferencias se deben a que en sistemas lecheros, además de la mayor cantidad de N aplicado como fertilizante mineral, parte de las aguas sucias generadas en el predio se transforman en purines que también son aplicados a las praderas como fuente de macro y micro nutrientes.

En general los resultados muestran que la huella hídrica real (azul, verde y gris) es mayor que la huella referencial. Para ambas regiones la huella referencial estimada en sistemas completos de pastoreo y de pastoreo con suplementación es muy similar (1%, 94% y 5% en promedio para huella azul, verde y gris, respectivamente). Además, es importante considerar que en proporciones (no en magnitud) también son muy similares a la huella hídrica global (5%, 91% y 4% para huella azul, verde y gris, respectivamente).

Por otra parte en términos de proporciones, la huellas hídricas reales azul y gris son mayores que la huella hídrica global (del mismo tipo), esto podría ser resultado de la gran cantidad de agua que se utiliza localmente en el lavado de patios e instalaciones en comparación a los sistemas lecheros de otros países, donde se ha maximizado la limpieza en seco y la reutilización de aguas.

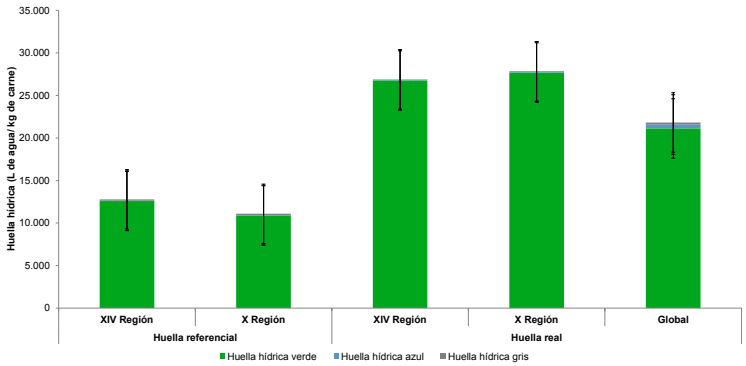


Figura 74. Comparación de la huella hídrica referencial, real y global de la carne.

Los resultados de la huella hídrica de la carne muestran que la huella referencial es menor que la real y que la global para sistemas de pastoreo. Sin embargo, en términos de proporciones la huella referencial, real y global son similares ya que el 97% de la huella global corresponde a agua "verde", 2% a agua "azul" y 1% a agua "gris". Para la huella referencial y real se estimó que el 98-99%, 0,3-0,4%, 0,3-1% corresponden a las huellas verde, azul y gris, respectivamente.

La huella hídrica azul referencial y real de la producción de carne también es baja debido a que el consumo de agua proveniente de fuentes superficiales o subterráneas corresponde únicamente al agua de bebida de los animales, ya que los sistemas productivos evaluados son en secano y sin uso de agua de riego en producción de carne.

Las Figuras 75 y 76 resumen los resultados de la huella total referencial, real y global de leche en pastoreo, leche en pastoreo con suplementación, de la carne y global. Los resultados indican que la metodología de cálculo de la huella hídrica puede seguir aplicándose para los distintos predios lecheros y de carne de Chile, siendo un aspecto relevante contar con suficientes registros (de calidad) de manejo animal a nivel de predio.

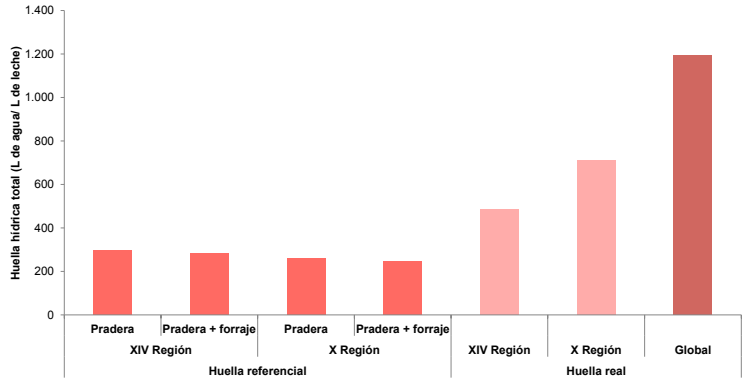


Figura 75. Comparación de la huella hídrica total referencial, total real y global de la leche.

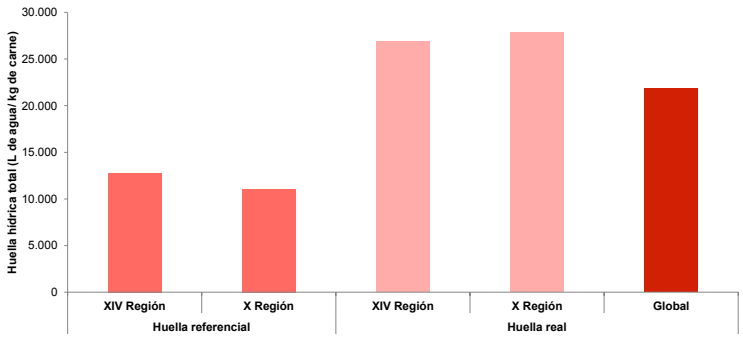


Figura 76. Comparación de la huella hídrica total referencial, total real y global de la carne.

El promedio de las huellas hídricas estimadas para las regiones de Los Lagos y de Los Ríos es coherente con resultados reportados para otros países por Mekonnen y Hoekstra (2012). La huella hídrica promedio de la producción de leche en las regiones evaluadas es similar a la reportada en los Países Bajos, pero más baja que China, India y USA (Figura 77). Sin embargo la huella hídrica promedio de la carne es mayor que las reportadas en China, India y USA para producción en pastoreo (Figura 78).

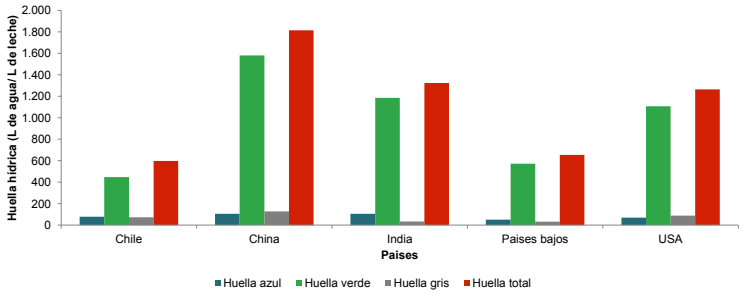


Figura 77. Comparación de la huella hídrica de la leche entre países.

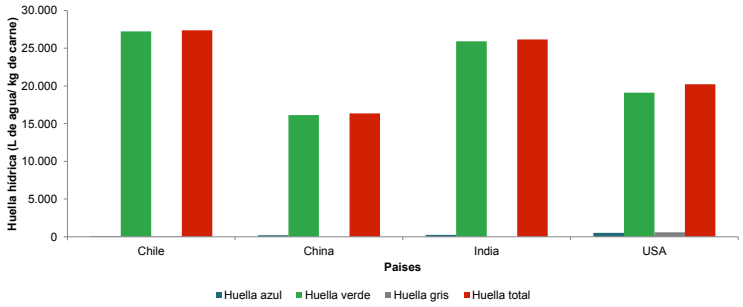


Figura 78. Comparación de la huella hídrica de la carne entre países.

La huella hídrica promedio de la producción de leche en las regiones de Los Lagos y de Los Ríos también es menor que el promedio mundial que es de 1.191 litros de agua por litro de leche. Respecto a otros sistemas de producción, la huella hídrica global presenta promedios de 956 y 1.207 l/l para sistemas mixtos e industriales respectivamente; de estos valores más del 90% corresponde a la huella hídrica verde (Mekonnen y Hoekstra, 2012).

Los resultados de la huella real de carne obtenidos en este estudio son mayores que el promedio mundial que está en el orden de 21.829 L de agua/ kg de carne (Mekonnen y Hoekstra, 2012). El valor de la huella hídrica en la producción de carne también varía de acuerdo al manejo animal en el predio; por ejemplo, Mekonnen y Hoekstra (2012) fijan valores promedios globales de 15.712 y 10.244 m³/t para sistemas de producción mixtos e industriales, respectivamente. Al igual que para la leche, en la huella hídrica de la carne el agua verde representa gran parte de la huella total, lo que concuerda con los resultados estimados para las Regiones de Los Lagos y de Los Ríos.

Por otra parte, la huella calculada para carne bovina puede ser mayor que aquella de la carne de cerdo, cordero o pollo de acuerdo a lo indicado en la literatura internacional, donde se reportan huellas de 16.311 L/kg de carne de cordero, 8.724 L/kg de carne de cerdo, 9.562 L/kg de carne de cabra y 9.370 L/kg de carne de pollo (Mekonnen y Hoekstra, 2011; 2012). Al respecto tambien se ha determinado que la huella hídrica por gramo de proteína de productos como leche, huevos y carne de pollo es aproximadamente 1,5 veces mayor que para las legumbres (Hoekstra, 2011; Mekonnen y Hoekstra, 2010).

En términos de tonelada de producto, los de origen animal presentan una huella de agua mayor que los productos cultivados, lo que se refleja en la relación por caloría de producto; por ejemplo, la huella hídrica promedio por caloría de carne de vacuno es veinte veces mayor que para los cereales (Mekonnen y Hoekstra, 2012). Debido a lo anterior y solamente desde una perspectiva de manejo del agua, sería más eficiente obtener calorías, proteínas y grasas a través de los productos de origen vegetal en comparación con los productos de origen animal.

3. Conclusiones

De acuerdo a los resultados de este estudio se pudo estimar que la huella real de la producción de un litro de leche fue de 484 y 712 L de agua en las Regiones de los Ríos y Los Lagos respectivamente, pudiendo reducirse hasta 259-297 y 247-283 L de agua /L de leche en sistemas de pastoreo y pastoreo con suplementación con forrajes al implementar acciones para lograr el rendimiento máximo potencial. La huella promedio calculada para estas regiones fue menor que el promedio mundial reportado para la producción láctea en condiciones similares. La huella real de la producción de un kilo de carne fue de 26.897 y 27.848 L de agua en las Regiones de los Ríos y Los Lagos respectivamente, pudiendo reducirse a 12.787 y 11.091 L de agua /kg de carne si se lograran los máximos potenciales en el área de estudio. La huella real promedio de la carne en las dos regiones es mayor que el promedio mundial. Para ambos productos, la huella hídrica verde constituye la mayor cantidad del total de la huella hídrica, concordando con los resultados reportados a nivel internacional.

El indicador Huella Hídrica es una herramienta útil para medir el consumo de agua de la producción de leche y carne. Es importante para su cálculo contar con datos de calidad a nivel predial, pudiendo con esto determinar donde se producen los mayores consumos, y generar medidas de mitigación para reducir la Huella Hídrica, siendo una de las principales el aumento de la eficiencia productiva. Finalmente, será importante consensuar una metodología estandarizada para el cálculo de la Huella Hídrica en producción bovina a nivel mundial.

Agradecimientos.

Este estudio fue financiado con recursos del Ministerio de Agricultura y del proyecto FIA del Consorcio Lechero (FIC-CS-C2004-1-P-001).

Capítulo 20

Huella Hídrica en Carne Ovina

Hernán Felipe Elizalde Valenzuela

Capítulo 20

Huella hídrica en Carne Ovina

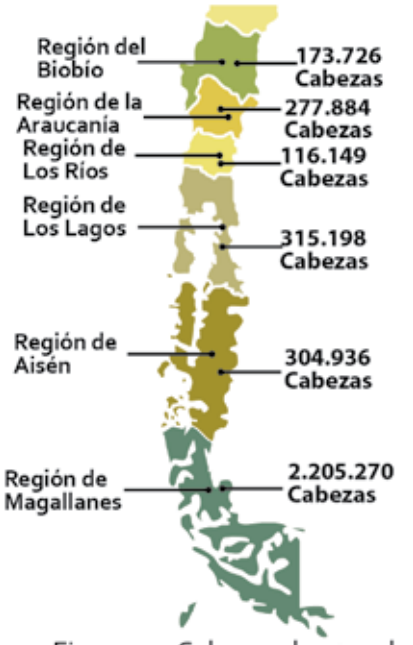


Figura 79. Cabezas de ganado Ovino por Región.

En Chile, la existencia de ovinos se caracterizaba por que había presentado una disminución sostenida en los últimos 40 años, que alcanzo un total acumulado de aproximadamente 36% en ese periodo. Algunos de los factores que influenciaron dicha disminución fue la incorporación de sectores importantes, destinados a ganadería fueron reemplazados por actividades productivas de mayor rentabilidad como es el caso del rubro forestal. Otros factores que explican la disminución del número de ovinos son la degradación de las praderas naturales, lo que ha obligado a la disminución de la carga animal, y por lo tanto del número de ovino; y las persistentes sequias registradas entre las Regiones de Coquimbo y el Biobío.

Todo lo anterior se ha visto modificado en los últimos años, logrando un crecimiento asociado principalmente a que existe un mejor precio, menor oferta de países productores, como Nueva Zelandia y Australia, y una mayor rentabilidad en comparación con rubros tradicionales, como la lechería, la engorda de bovinos y los cereales. La combinación de estos tres factores explica el auge que vive hoy la ganadería ovina en Chile (Tafra, 2011).

Como se aprecia en la Figura 79, las mayores existencias de ovinos del país se encuentran en la zona austral (regiones de Aisén y Magallanes), que concentra aproximadamente el 60% del número de animales, destinados originalmente a lana. La Región de Aisén concentra el 9,1 % y la de Magallanes el 51,8 % de las existencias nacionales de ovinos. Las regiones de la Araucanía y los Lagos presentan también una importante dotación en ovejerías medianas (de 500 a 2000 animales) y un gran número de pequeños productores que destinan sus explotaciones a este rubro, preferentemente a carne y lana. En estas regiones se concentra respectivamente el 6,7% y el 10,7% de las existencias de ovinos del país.

Los sistemas físicos de producción ovina consideran la pradera natural como principal o único recurso alimenticio del ganado manejado extensivamente, si bien algunos sistemas incorporan, en pequeñas superficies, praderas sembradas como parte del plan forrajero anual.

1. Huella hídrica del cordero de Patagonia Occidental.

Para el caso de productos pecuarios, las metodologías para el cálculo de la huella hídrica, son muy escasas. En general, se basan en sistemas productivos intensivos, donde hay un uso masivo de agua, como es el caso de las producciones en confinamiento o intensiva.

Al respecto, Chapagain y Hoekstra (2004), sugieren una metodología de carácter volumétrico y basado en la propuesta general de la Water footprint Network (WFN), para la medición de la huella hídrica que

relaciona el consumo global, con los recursos hídricos locales. Este grupo de investigadores relacionaron el contenido de agua virtual de distintos cultivos, por ejemplo, algodón, tomate, maíz, trigo, arroz y algunos productos pecuarios, tales como pollo, carne de cerdo y carne de vacuno, con el concepto de su huella de agua. De ésta forma, señalaron que el contenido virtual de agua de éstos productos está relacionado fuertemente con el origen y varía de lugar en lugar, dependiendo del clima, la tecnología adoptada y el rendimiento logrado.

Es así como la huella de agua de un producto es definida como el volumen total de agua fresca que es utilizada para producir bienes o servicios, consumida por un individuo o comunidad o por el negocio (Hoekstra, 2008). Esta huella se puede dividir en tres componentes: la huella "azul", que corresponde al agua usada para riego y obtenida desde ríos, lagos y acuíferos; la huella "verde", correspondiente al agua utilizada de la precipitacióno, y la huella "gris" correspondiente al agua de dilución y requerida para diluir contaminantes.

El concepto de huella de agua puede ser usado como un indicador del uso de agua que apunta hacia el uso directo e indirecto del agua de un cultivo, producto pecuario, procesador de alimento, distribuidor o consumidor (Drastig et. al. 2010).

Al respecto, Schwartz (2010), indica que la mayor parte de los cálculos de huella de agua de productos pecuarios, se basan en sistemas de ganadería industrializada, donde la producción bovina se rige por sistemas intensivos de uso de grano y delimitado a los sistemas producidos en Europa y Norteamérica.

Sin embargo, aproximadamente el 75% de la población de ganado mundial, está en países menos desarrollados, en África, Sudamérica y Asia, donde la base alimenticia es principalmente pradera natural sin mejoramiento. Al respecto, Schwartz (2010), sugiere que la producción de carne bovina basada en praderas permanentes y residuos, tiene un muy bajo impacto en el uso de agua, dada su naturaleza extensiva.

El cálculo de huella de agua en situaciones de producción extensiva con rumiantes, la literatura es más bien escasa. Al hacer una revisión de este concepto en la literatura, aparte de lo indicado por Schwartz (2010) para el caso de carne bovina, destacan los trabajos que se están realizando en la Universidad de Cranfield (Reino Unido) informados a través de The Organization for the English beef and sheep industry (EBLEX, 2010), donde se reporta el cálculo de huella hídrica de la producción ovina para el Reino Unido.
Por la similitud de los sistemas de producción, en especial en lo que se refiere a producción ovina extensiva, en ambientes de montaña, se utilizó como referencia la metodología volumétrica propuesta para el cálculo de la huella hídrica de la producción ovina en el Reino Unido en el informe de EBLEX (2010), que por ser de naturaleza pastoril, está más en línea a la situación de la producción ovina en Aysén.

Al respecto, los autores del informe recomiendan utilizar la metodología descrita por Hess (2010) para el cálculo de la huella verde basado en la evapotranspiración referencial (Eto) del sector. Para el agua de bebida en ovinos, cosechada del sistema, y por lo tanto agua "azul", se utilizó la metodología propuesta por Thomson et al., (2007).

Durante Enero y Febrero del 2011, se encuestó un predio ovejero situado en la Región de Aysén, a los cuales se aplicó una encuesta tipo, para poder recabar información respecto al uso de agua para la producción ovina. En total, se abarcaron sobre 160 mil ha, situadas en la cuenca del Río Cisnes, donde el predio encuestado está ubicado en el sector oriental de la cuenca, con 46.000 has dedicadas a la producción ovina y cuarenta mil cabezas de ganado ovino, siendo la unidad productiva más grande de la Región, con aproximadamente el 13% del censo ovino regional. La huella del agua se expresa en litros de agua por kilo de carne canal ovina.

La huella hídrica de la producción ovina en la cuenca del Cisnes (Tabla 34), es de 803.856 L de agua por kilo de canal ovino producido, sin embargo la mayor parte (99,9 %) es agua verde, por lo que el impacto hidrológico en muy bajo. El agua azul es de 217 L / kg. de canal.

Tabla 34. Huella del agua de la producción de carne ovina de la cuenca del río Cisnes, Patagonia Occidental.

Componentes de la huella del agua	Litros de Agua / kilo de canal
Huella del Agua verde	803.640
Huella del Agua azul de bebida y baño	141
Huella del Agua azul de riego de praderas	76
Huella del Agua gris	0
Huella del Agua Total	803.856

Estos valores contrastan fuertemente con lo reportado por EBLEX (2010), donde para situaciones extensivas en el Reino Unido, se indican 135.290 L. de agua por kilo de canal de cordero, con un 99,8% de agua verde y 85 litros de agua azul de bebida y baño. Sin embargo, cabe hacer mención que la carga animal en los sistemas extensivos británicos, es de 2,4 ovejas por ha (MLURI, 2011), lo que para dichas condiciones es considerada como una baja carga, bajo una situación extensiva. Ésta es significativamente superior a los sistemas ovinos de la Patagonia, donde la carga es tres veces más baja, registrándose solo 0,82 ovejas por ha. Por otro lado, la prolificidad de estos sistemas ovinos en el Reino Unido es de 1,4 corderos, destetando 40 kilos de cordero por cada oveja, lo que contrasta fuertemente con los, solamente, 24,2 kilos de cordero por oveja registrados para estos sectores de la Patagonia Occidental, y además donde la prolificidad y fertilidad de los rebaños no superan los 0,8 corderos por oveja. Esta diferencia en cuanto a carga animal, sumado a una ETo menor para los sistemas británicos (Hess, 2010) explicarían las diferencias observadas. Dada la situación extensiva y el cálculo a nivel de predio, no se registra agua de dilución (gris), en el sistema productivo de ovinos en la cuenca estudiada.

Al contrastar ambos casos, por lejos, la importancia estará dada por el "agua verde", ya que son sistemas productivos extensivos, donde la precipitación del lugar es la que determina principalmente el crecimiento vegetal, y por cierto, la huella verde del producto carne ovina.

Cabe destacar que los resultados obtenidos con la metodología propuesta, de tipo volumétrico, la huella de agua virtual de la carne ovina producida en situaciones extremadamente extensivas, como es el caso de Aysén, es muy alta (803.856 L de agua por kilo de canal ovino producido). Esto necesariamente sugiere la necesidad de revisar la aplicación de ésta metodología volumétrica a todos los sistemas extensivos de rulo.

Se propone, para próximos trabajos, la metodología LCA, tal como ha sido sugerido por Doreau, Corson y Wiedemann (2012), en línea con los trabajos australianos de Ridautt y otros (2009, 2011) se basa en que no es posible utilizar una metodología que no toma en cuenta la abundancia o escasez del recurso hídrico, proponiendo la aplicación de un índice de estrés (Pfister y otros, 2009), de acuerdo a la región o país de donde provenga el producto. Se indica que hay una gran variabilidad de sistemas productivos y zonas geográficas para un mismo producto.

2. Conclusiones

La huella del agua de la producción de carne ovina en la cuenca estudiada, y representativa de los sectores donde se produce la ovejería en Aysén, en su gran mayoría (99,9%) es agua verde y por lo tanto no tiene un costo hídrico.

Las conclusiones obtenidas en el cálculo volumétrico, coincide con el análisis británico, en términos de que para sistemas ganaderos pastoriles extensivos, el mayor imput de agua es la denominada "agua verde", no tiene un impacto hidrológico, aunque pueda presentar un alto volumen.

Capítulo 21

Estrategias de manejo de los recursos hídricos

- Alfonso Osorio Ulloa
- Gabriel Sellés van Schouwen
- Raúl Ferreyra Espada
- Francisco Salazar Sperberg
- Josué Martínez-Lagos

Capítulo 21

Estrategia de manejo de los recursos hídricos

Considerando las características de nuestro país en cuanto a la distribución y uso de los recursos hídricos con fines de riego, la formulación de estrategias tiene sus complejidades, dependiendo de la cobertura, escala o impacto que se desea lograr con ellas.

A nivel de cuenca hidrográfica, sin lugar a dudas que, el país debe disponer de estrategias que propendan a una regulación y control de los cauces naturales, a través de la construcción de embalses, que permitan sustentar el regadío de las zonas de cultivo; más aún si estos están precedidos de altos niveles de inversión y se destinan a la exportación. Del mismo modo las acciones también deben orientarse a la impermeabilización o entubamiento de una amplia red de canales, aguas abajo de tales estructuras, que permitan disminuir o eliminar totalmente las pérdidas por conducción y asegurando una distribución equitativa del recurso agua a sus usuarios. De por sí, la implementación de estrategias en este sentido son de un alto costo y el Estado de Chile, a partir de los años 90 ha ido retomando tal acción, a través de leyes específicas. Sin embargo, los esfuerzos siempre pueden ser mayores, existiendo en la actualidad varias obras que se encuentran en diferentes niveles de factibilidad en los Ministerios (ej. embalses en las cuencas de los ríos Cogotí, Combarbalá, Pama, Aconcagua entre otros) y otras que se gestionan a través de las diferentes Asociaciones de Regantes, como la impermeabilización o entubamiento de canales, vía Ley N° 18.450.

A nivel de usuario, las posibilidades son muy variadas, dependiendo del enfoque que se le desee dar a la acción; pudiéndose plantear estrategias orientadas, por un lado, a mejorar las capacidades del conocimiento en los usuarios y por otro a favorecer la inversión en riego en el predio. En el primer caso, es importante señalar que nuestro país adolece a nivel general de una estrategia o estrategias de transferencia tecnológica y extensión en riego, como la tienen países que en sus políticas de desarrollo han internalizado la importancia del agua de riego asociada a eficiencia, productividad y sustentabilidad. Ello permite incrementar sustancial y sistemáticamente en el tiempo las capacidades de nuestros agricultores en este tema, favoreciéndose el logro de un mejor uso y manejo del agua y su relación con el ambiente y los cultivos; mejores eficiencias de riego y en general propender que nuestros usuarios le otorguen una mayor valoración al recurso, todo lo cual redunda en un aumento productivo de las diferentes especies cultivadas en los predios, y en consecuencia en una reducción de sus huellas hídricas

Respecto de inversiones, si bien es cierto es indudable el beneficio que ha traído la implementación de la Ley N° 18.450, desde la década de los años 80, favoreciendo la inversiones en tecnología de riego a nivel extra e intrapredial; también debe consignarse que transcurridas tres décadas de funcionamiento de tal instrumento legal, es necesario innovar en su implementación futura, la cual debe estar orientada no solamente a la realización de inversiones en estructuras y equipos, sino que también debe tener implícito el concepto de eficiencia en el manejo y uso de tales equipos y estructuras. Por ello una estrategia que no solamente favorezca la inversión, puede ser aquella que favorezca la eficiencia en el uso y manejo del agua, a nivel predial. Su implementación a través de subsidios a la eficiencia pudiera darse con la Certificación, de los usuarios postulantes, de los volúmenes de agua utilizados en regar sus cultivos, sobre la base de Tasas de Riego Referenciales (TRR), para cada cultivo, localidad o zona agroclimática. Ello estimularía no sólo la inversión en equipos y tecnología, sino que el uso y manejo eficiente del recurso; especialmente en toda la zona deficitaria de agua, como lo es el centro y norte de nuestro país.

Lo anterior tendría un impacto significativo no sólo en el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos a nivel predial y cuenca hidrográfica en general, sino que en los niveles de rendimientos de los cultivos;

muchos de los cuales se ven afectados por condiciones de aplicaciones de agua excesivas, lo que provoca una pérdida significativa de nutrientes.

A nivel más global y en relación a los resultados que se presentan en este documento, respecto de la determinación de la huella del agua en diferentes productos agropecuarios, se puede señalar que tal indicador, desarrollado por investigadores holandeses y con una orientación netamente ambientalista, si bien es cierto no condiciona directamente sus valores a lograr una mayor eficiencia en el uso y manejo del recurso, implícitamente lo considera toda vez que se utiliza el rendimiento del producto en su cálculo y los niveles de fertilización utilizados. Esto último estrechamente ligado no sólo a las cantidades de fertilizantes, sino que también a las cantidades de agua utilizadas en el riego, que pueden provocar una mayor o menor lixiviación de nutrientes, fuera de la zona de raíces, incrementando la huella gris dejada por el producto.

A continuación, y como una forma de generar algunas estrategias que permitan mejorar los valores de huella hídrica, en la perspectiva de que pueda ser exigida por los mercados internacionales; se analiza cada una de las variables que intervienen en su cálculo, de tal forma de ver claramente que variable es más sensible a ser modificada, para lograr un mejor valor de huella del agua, tomando como base lo planteado en el siguiente esquema (Figura 80):

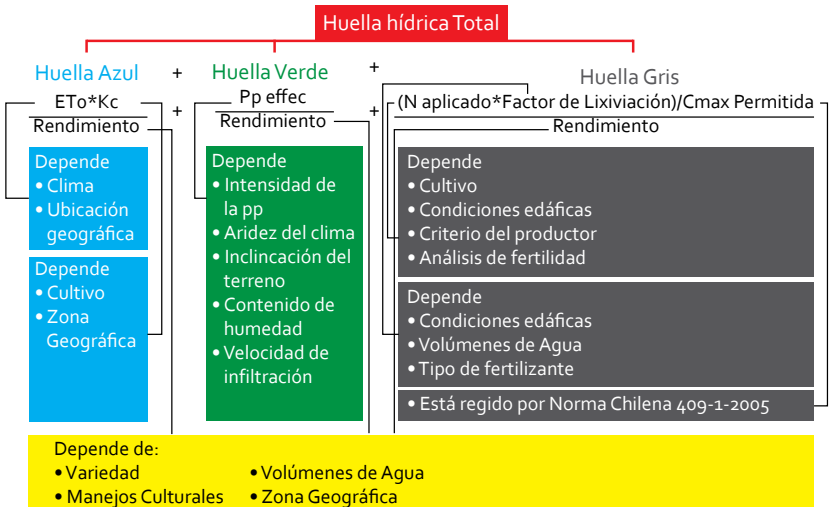


Figura 80: Esquema de relación de variables para el cálculo de la huella hídrica de productos agropecuarios

1.- Estrategías para productos agrícolas

En el esquema indicado y tal como ha sido expresado en capítulos anteriores, el factor **rendimiento** se constituye en una de las variables más significativas y condicionantes de los valores que se obtengan en el cálculo de la huella del Agua, dado que interviene en el cálculo de los tres componentes que la condicionan: huella azul, huella verde y huella gris. Ello determina una relación proporcional e indirecta entre huella del agua y rendimiento: a mayores rendimientos alcanzados, menores valores de huella del agua para el producto. Para optimizar esta relación (HH vs Rendimiento), es factible implementar alguna de las siguientes estrategias a nivel de agricultor:

• **Elección del cultivo de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas que no limiten el desarrollo de esta especie:** La elección del cultivo, para establecerlo en una determinada zona debe estar en relación directa con las potencialidades edafoclimáticas que tiene la zona, de manera de obtener los máximos rendimientos posibles de acuerdo a los volúmenes de agua aplicados. Hoy en día se cultivan por ejemplo especies sensibles a las bajas temperaturas en zonas de altas incidencia de heladas o cultivos sensibles a

la falta de oxígeno en la zona de raíces en suelo de bajo capacidad de aire. También se pueden ver cultivos en zonas muy diferentes climáticamente de aquellas zonas donde es originario, independientemente de la versatilidad que pueda tener la especie y del manejo al cual sea sometido, pero sin lugar a dudas sus rendimientos se verán potencialmente afectados.

• **Uso de variedades y patrones resistentes a condiciones adversas de suelo, clima, plagas y enfermedades:** Para enfrentar de alguna forma lo planteado en el punto anterior, un aspecto importante a considerar para el aumento de rendimientos es disponer de material genético para condiciones adversas de suelo, clima, plagas y enfermedades. Esto permitirá que el cultivo se adapte a condiciones desfavorables, lo que condiciona en gran parte el potencial productivo del cultivo. Con ello se trataría de suplir en parte las condiciones que la especie poseía en origen.

• **Desarrollo de prácticas de manejo de cultivo para condiciones desfavorables de clima, suelo, plagas y enfermedades:** Complementariamente a lo anterior, y ya seleccionado un determinado cultivo para una zona en particular; desde el punto de vista agronómico se requiere implementar una serie de prácticas de manejo del cultivo con una perspectiva de lograr el máximo de rendimiento. Para ello deberá utilizarse las mejores prácticas de poda, fertilización y enmiendas al suelo, riego, aplicación de pesticidas, uso de cubiertas protectoras del cultivo, y otras que aseguren los beneficios económicos esperados; siempre en el contexto de lograr menores valores de huella del agua que otros sectores productores y competitivos.

• **Optimizar la función de producción y la eficiencia de riego:** Una variable especial e importante a la hora de mejorar rendimiento es la relación existente entre el agua aplicada y el rendimiento, la cual expresa la respuesta que un determinado cultivo presenta ante la aplicación progresiva de mayores volúmenes de agua. En resumen, lo que se desea es definir con una cierta exactitud los requerimientos de agua del cultivo para una máxima respuesta productiva. No tiene sentido aplicar mayores volúmenes de agua si no se lograr mejores rendimientos; generándose problemas de excesos de agua y baja eficiencia de riego; pudiéndose producir efectos negativos en el componente huella gris, por ejemplo o bien el agua aplicada en exceso puede derivar a otra cuenca hidrográfica y salir del sistema.

Otro factor importante a considerar en la disminución del valor de la huella del agua es lo relativo al consumo de agua por parte del cultivo hasta generar el producto. Al respecto, estrategias implementadas en tal sentido, tales como la disminución del consumo de agua, afectarían principalmente los valores de huella azul. En el caso de la huella verde, por el contrario, al utilizar prácticas de manejo de suelo es posible incrementar los valores de este componente, a través de un mejor aprovechamiento de la precipitación efectiva; en reemplazo de la utilización de agua azul, lo cual sería beneficioso desde un punto de vista ambientalista.

Específicamente en cuanto a la evapotranspiración del cultivo, al ser una variable más bien climática, es complejo el implementar estrategias que las pueden modificar. Por otra parte, corresponde a la principal pérdida de agua del cultivo, por lo tanto la disminución de alguno de sus componentes (evaporación y/o transpiración), pueden ayudar a reducir la huella hídrica. Sin embargo, es de singular importancia disponer de información plenamente confiable y actualizada de registros de ETo y Kc, de acuerdo a las condiciones locales, dado que errores en el uso de tales registros pueden afectar seriamente el cálculo de la huella del agua.

A continuación se enumeran algunas estrategias o acciones que favorecerían la disminución de dicho factor (evapotranspiración del cultivo) y que se podrían hacer efectivas en la medida que se afecte el coeficiente Kc:

• **Uso de mulch**: El uso de mulch, confeccionados con residuos de material de poda, u otros elementos de tipo orgánico aplicados a la hilera de plantación disminuyen la evaporación directa de agua desde el suelo

reduciendo pérdidas de agua por este concepto.

• **Control de malezas:** Las malezas son una fuente importante de consumo de agua. El control de malezas en las hileras de plantación significa una reducción del consumo de agua del orden del 15 a 20%.

• **Cobertura de los cultivos con mallas:** Las mallas disminuyen la radiación incidente sobre el huerto como también pueden aumentar la humedad relativa en torno a los árboles, así la ETc es disminuida con el consiguiente ahorro de agua en el riego.

• **Riego deficitario controlado (RDC):** Esta puede ser una alternativa para disminuir la huella hídrica en situaciones de limitada disponibilidad de agua para riego. Se basa en reducir las cantidades de agua a aplicar en aquellos momentos (periodos fenológicos) que no afectan (o afectan menos) la producción y calidad final. Sin embargo el abuso de esta técnica puede afectar el desarrollo del cultivo en el mediano y largo plazo, ya sea por efectos sobre el crecimiento vegetativo, alteraciones en el ciclo de inducción floral o disminución de las reservas nutricionales de las raíces.

En relación al componente huella gris, la o las estrategias que se podrían implementar dicen relación con la **disminución de la lixiviación de nitrógeno** fuera de la zona de raíces; lo cual está directamente relacionado con la cantidad de este nutriente que se aplique al suelo y su factor de lixiviación; lo cual es favorecido por los volúmenes de agua que se aplique durante la temporada. Sin lugar a dudas, riegos de baja eficiencia producen grandes pérdidas de nitrógeno en profundidad, más allá de la zona de raíces, lo cual genera altos valores de huella gris y por ende mayores valores de huella hídrica total.

Un efecto importante, en relación a lo planteado en punto anterior, es la posible contaminación de acuíferos producto de la lixiviación de nitrógeno, superando las concentraciones máximas permitidas; y que resultan de las excesivas aplicaciones no sólo de nitrógeno sino que también de agua de riego, que es utilizada como vehículo de transporte.

A continuación se enumeran algunas estrategias para lograr reducir el impacto de este factor en el cálculo de huella del agua y específicamente de la huella gris:

• **Ajustar las cargas y volumen de agua aplicar para evitar lixiviación de nutrientes:** Una estrategia adecuada sería ajustar las cargas de agua a aplicar de acuerdo al agua fácilmente aprovechable (AFA) de cada sector de riego, con el objeto de que las láminas aplicadas no superen la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Con esto se evita o disminuye la lixiviación de nitrógeno. En el mismo sentido se podría ajustar el volumen de agua aplicada a los requerimientos de agua de los cultivos. Para estos es recomendable ajustar los coeficientes de cultivo a las condiciones de manejo de la especie en el país; ya que en mayoría de los casos, se utilizan los coeficientes entregados por la FAO. Sin embargo, dichos valores pueden ser erróneos o no se pueden adaptar a condiciones locales, lo que conllevaría a una estimación errónea de la ETc.

• **Conocer la dinámica de absorción de nutrientes de los cultivos:** Disponer de esta información permitiría la aplicación de nutrientes de acuerdo a los requerimientos del cultivo, ajustando los programas de fertilización de manera disminuir la pérdida fuera de la zona de raíces. Los fertilizantes nitrogenados, requieren de un manejo cuidadoso, ya que es muy susceptible a perdidas en el suelo, ya sea a través de la volatilización, lixiviación, desnitrificación, erosión y escorrentía. El nitrógeno lixivia más fácilmente en suelos arenosos que en suelos de textura fina; si no se aplica correctamente, la pérdida de este puede representar hasta un 60% de la cantidad aplicada.

• **Proponer la asociación de leguminosas y gramíneas aprovechando el N fijado por las primeras, disminuyendo de esta forma el uso de fertilizantes nitrogenados.**

• **Difundir técnicas de fertilización que disminuyan la lixiviación de nitrógeno:** Desarrollar un programa de transferencia tecnológica de técnicas que optimicen el uso de los fertilizantes nitrogenados.

2.- Estrategias para productos pecuarios

Basado en los resultados obtenidos en cuanto a la estimación de la huella hídrica de la leche y de la carne en ganado bovino y de la carne en ganado ovino, es posible proponer las siguientes estrategias para su mejoramiento:

• **Aumento de la eficiencia productiva en predios ganaderos:** El aumento en la eficiencia de producción en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, es decir el incremento en la producción de litros leche o kg de carne por unidad de área, repercutiría positivamente en la huella hídrica real. Como se ha visto en el presente estudio existe una diferencia entre la huella real y referencial, lo que da cuenta de una brecha tecnológica en los predios de producción de leche y/o carne. Mejoras en la alimentación, eficiencia de uso de la pradera, carga animal, entre otros son prácticas que deben mejorarse con la finalidad de aumentar la producción por hectárea. Asi suponiendo similar uso de agua el divisor aumentará y por ende disminuirá la huella hídrica obtenida en estos sistemas productivos.

En el caso de el ganado ovino, una reducción de la huella hídrica será posible en la medida que se incrementen algunos índices de productividad en los sistemas ganaderos, tales como la cantidad de corderos y kilos de cordero destetado por oveja. Asimismo, un aumento de la carga animal por unidad de superficie redundará en una menor huella hídrica de la carne de cordero. Haciéndose la salvedad de que el agua utilizada en los sistemas ganaderos proviene fundamentalmente de las precipitaciones, afectando al componente huella verde.

• **Fomentar el incremento en la eficiencia del agua en las actividades agropecuarias:** El aumento de la eficiencia en el uso de agua es un aspecto influido directamente por la valoración que recibe el recurso por los productores agropecuarios. Incrementar la eficiencia de uso del agua incluye forzosamente la mejora de la distribución espacial y temporal del recurso, la identificación de las etapas menos eficientes dentro del proceso productivo agrícola y la modernización de la infraestructura de medición y conducción del agua en terreno. Las medidas anteriores permitirán disminuir de manera sustancial el volumen de agua utilizado en la producción de leche o carne.

Por otra parte, mejorar las condiciones de riego en ambas regiones (Los Ríos y Los Lagos) es necesario ya que en la época de primavera-verano algunas zonas (ej. la Cordillera de la Costa) presentan un déficit hídrico importante. Por tanto, dotar de un sistema de riego eficiente requiere la minimización de las pérdidas en la distribución del agua y el uso de la mejor técnica de riego basándose en las condiciones propias del suelo/ cultivo a ser regado. La mala gestión del riego en este territorio podría provocar bajas eficiencias y a la salinización del suelo en tierras bajas.

• **Realizar una gestión integrada de los recursos hídricos en las actividades agropecuarias:** La gestión eficiente e integrada del recurso hídrico de las regiones es resultado de un manejo adecuado de las cuencas hidrográficas del territorio. El manejo de las cuencas considera el buen uso y aprovechamiento del agua generada en las mismas, integrando de manera significativa aspectos de cantidad y calidad del recurso. En este tipo de gestión es importante priorizar el uso del recurso en función de la demanda y no solo en la incentivación de la mayor oferta hídrica. Para ello es conveniente fomentar la participación activa de todos los usuarios del agua, considerando la importancia que este recurso tiene para el desarrollo económico y socioambiental del territorio nacional. El mejoramiento de las capacidades técnicas, la generación de información amigable para los productores y la formación de la sociedad civil en temas vinculados al cuidado del agua son acciones estratégicas que deben ser incluidas en el manejo hídrico

Por otra parte, para lograr la gestión integrada del recurso hídrico se precisa de la identificación, adaptación y mitigación del impacto del cambio climático en la agricultura local, de forma tal que permita promover la adopción de medidas para identificar los potenciales riesgos y para mejorar la capacidad de respuesta del sector lácteo y cárnico ante eventos climaticos extremos. Además esta gestión debe tener en cuenta otros indicadores (ej. huella de carbono y huella ecológica) que den cuenta del uso de otros recursos y su impacto en el medio ambiente, así como también el ciclo de los nutrientes que estén relacionados con la oferta y demanda del agua..

• **Mejorar la metodología y los datos de base para el cálculo de la huella hídrica de las actividades agropecuarias:**

La metodología utilizada permitió la evaluación de las huellas hídricas de la leche y de la carne a nivel regional y la comparación de los valores generados con los reportados por otros países. Sin embargo, es necesario contar con una metodología estandarizada que permita hacer compatible en todos los aspectos las variables que influyen en la estimación de la cantidad de agua que se utiliza para la producción de un litro de leche o un kilo de carne de acuerdo a los distintos tipos de sistemas de producción y tipo de producto animal (carne de cordero, pollo, cerdo, etc).

3.- Estrategias generales

Si bien es cierto, a través del estudio fue posible identificar los diferentes factores y variables que intervienen en el cálculo de la huella hídrica de un producto agropecuario; también se constataron las brechas tecnológicas existentes al contrastar la huella hídrica referencial o potencial con la huella hídrica real o de los productores, lo cual necesariamente requiere de la implementación de programas que apunten no sólo a difundir los conceptos de huella hídrica, sino que se orienten a optimizar el manejo de las variables que intervienen en su cálculo. Para ello es imprescindible implementar estrategias generales, como las que se mencionan a continuación:

• Determinación de la línea base que describa el estado de los sistemas biológicos, el patrón de manejo agronómico usado por los agricultores, sus brechas tecnológicas y sus posibilidades de intervención, mediante acciones de extensión, difusión y/o investigación aplicada.

• Definir un patrón de manejo agronómico mejorado, apuntando a las variables de mayor incidencia en la huella hídrica.

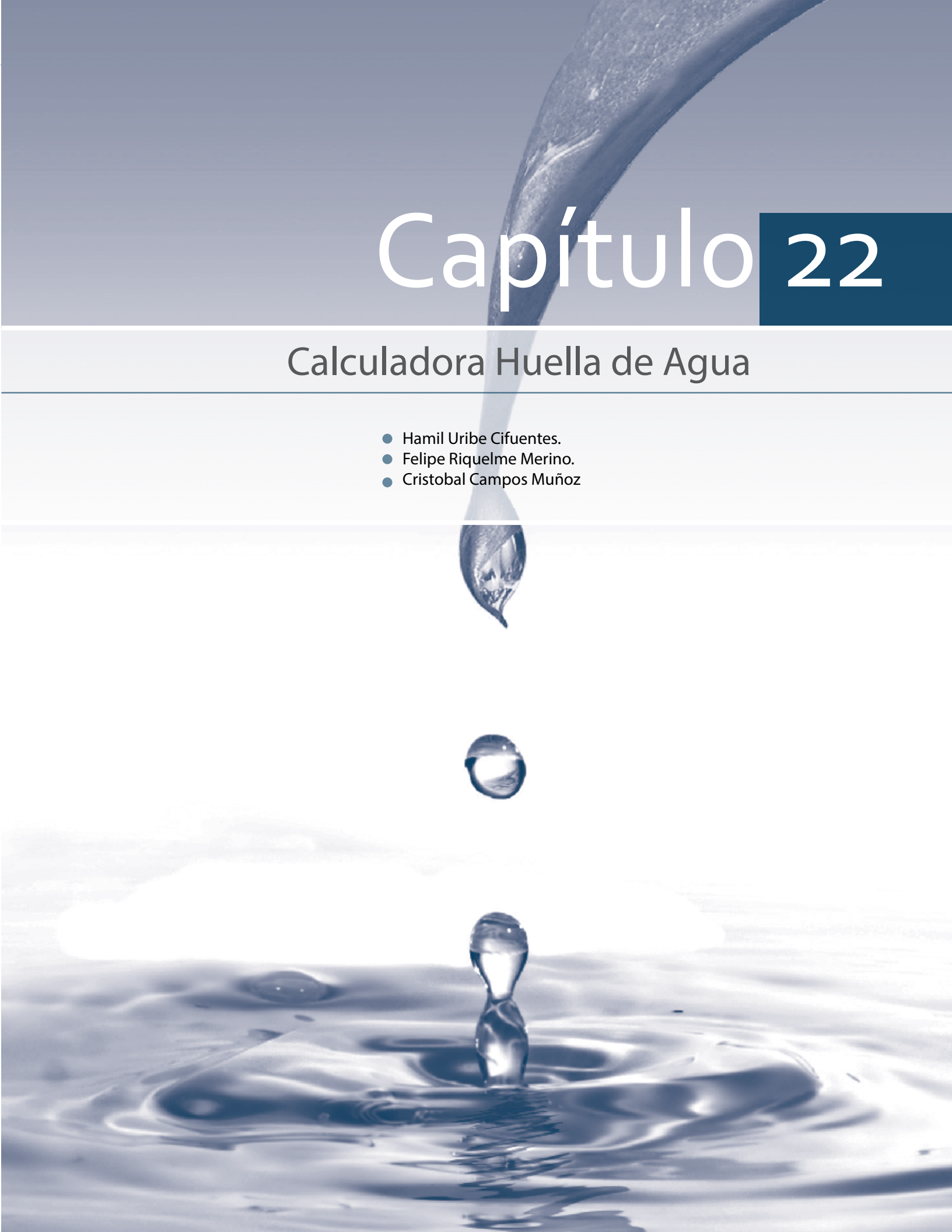
• Validar y evaluar con los agricultores, el patrón de manejo agronómico mejorado.

• Generar un plan de capacitación para profesionales extensionistas y agricultores en prácticas de manejo, orientadas al mejoramiento de la productividad del cultivo, aplicando el modelo de transferencia tecnológica definido.

Capítulo 22

Calculadora Huella de Agua

- Hamil Uribe Cifuentes.
- Felipe Riquelme Merino.
- Cristobal Campos Muñoz



Capítulo 22

Calculadora Huella de Agua

El concepto huella hídrica ha sido ampliamente descrito en este trabajo. La forma de cálculo de la huella para los cultivos presenta ciertas dificultades técnicas y de acceso a información que hace de gran ayuda contar con una forma de estimar las huellas azul, verde, gris y total en forma simple.

Para ello se ha implementado una calculadora de huella hídrica que incluye la mayoría de los cultivos que forman parte de este estudio.

Los parámetros necesarios para estimar la huella hídrica de acuerdo a la metodología utilizada en este trabajo son: el cultivo, rendimiento, fertilización con Nitrógeno y porcentaje de lixiviación de este.

La calculadora permite ingresar las variables antes citadas antes citados y obtener valores de huella hídrica total, azul, verde y gris para un punto geográfico seleccionado en el mapa, además de visualizar en escala de colores las variaciones espaciales de la huella del agua.

Ingreso de datos

La calculadora se encuentra disponible en la pagina web http://www.iniariego.cl/ha/ha.php. Al ingresar se abre una página con cuatro ventanas como se muestra en la Figura 81. Las ventanas son: "Datos del cultivo", "Huella del Agua", "Mapa" y "Evapotranspiración y requerimientos de riego".

En la ventana "Datos de cultivo" se ingresan los input requeridos para calcular la huella del agua. Se debe selecciona un cultivo en el menú desplegable. Al seleccionar un cultivo, automáticamente los cuadros de "Producción", "Nitrógeno" y "Lixiviación" se llenan con valores predeterminados. Dichos valores pueden ser modificados por el usuario si cuenta con información específica de rendimiento (ton/ha), fertilización nitrogenada (UN/ha) o porcentaje de lixiviación de nitrógeno (%), respectivamente.

Notar que al hacer la selección del cultivo en la ventana "Mapa" aparece en escala de colores el nivel de huella hídrica total estimada de acuerdo a los input ingresados en la ventana "Datos de cultivo" (ver Figura 82). El área en colores representa las comunas donde existe cultivo de acuerdo a la información del Censo Nacional Agropecuario de 2007.

Figura 81. Ventanas de la calculara de la huella del agua.

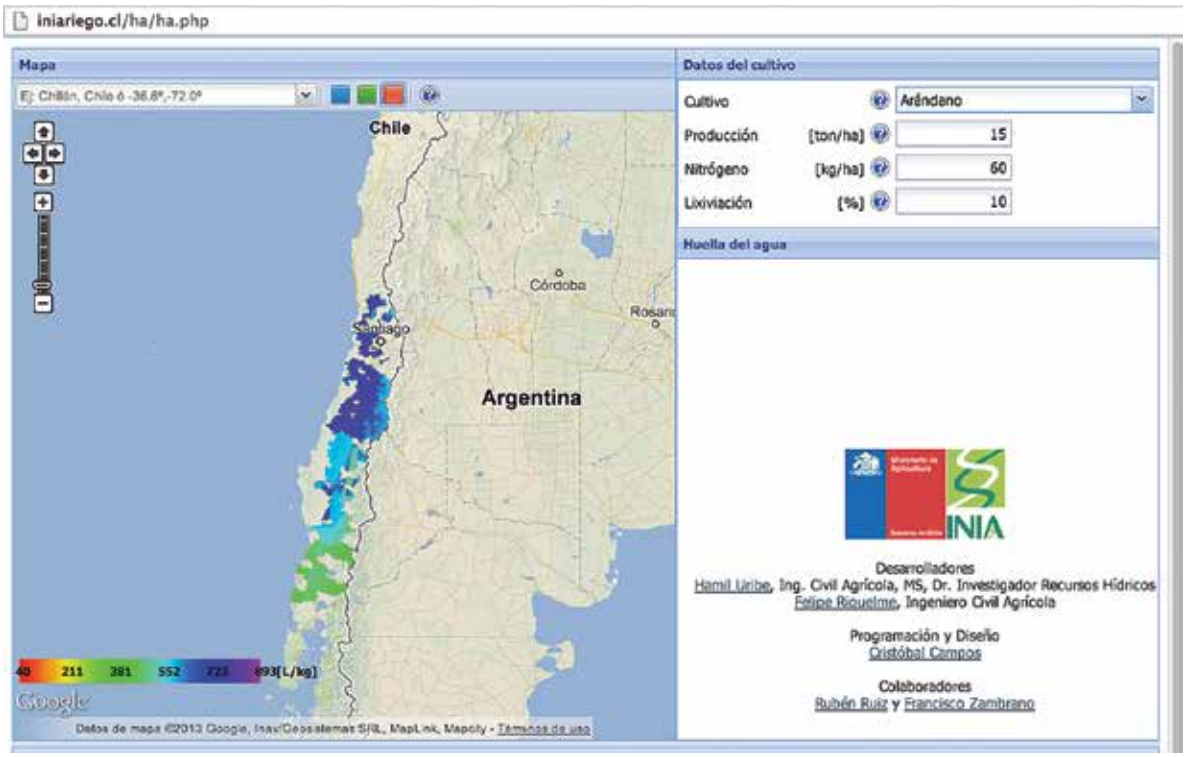


Figura 82. Ventanas de la calculara de la huella del agua una vez seleccionado un cultivo.

Salida de información

Las ventanas "Huella del Agua", "Mapa" y "Evapotranspiración y requerimientos de riego" sirven para mostrar los resultados de la calculadora, basados en la información ingresada en la ventana "Datos del cultivo", tal como se indicó en la sección precedente.

Como se dijo anteriormente, al seleccionar el cultivo se activa un área en colores en la ventana "Mapa" que muestra el nivel de huella hídrica total. En la parte superior central de la ventana "Mapa" aparece tres cuadrados de colores azul, verde y rojo, que al ser seleccionados con el ratón del computador permiten visualizar la huella azul, verde y total, respectivamente. La huella gris no se presenta gráficamente puesto que de acuerdo a la forma de cálculo adoptada es constante espacialmente.

La ventana "Mapa" además de servir como salida de información a través de los mapas de Huella azul, verde o total, permite activar la entrega de información en las ventanas "huella del agua" y "Evapotranspiración y requerimientos de riego". Para ello se debe seleccionar un punto en el mapa en colores y aparecerá la información calculada para dicha localidad en las ventanas "huella del agua" y "Evapotranspiración y requerimientos de riego" (ver Figura 83).

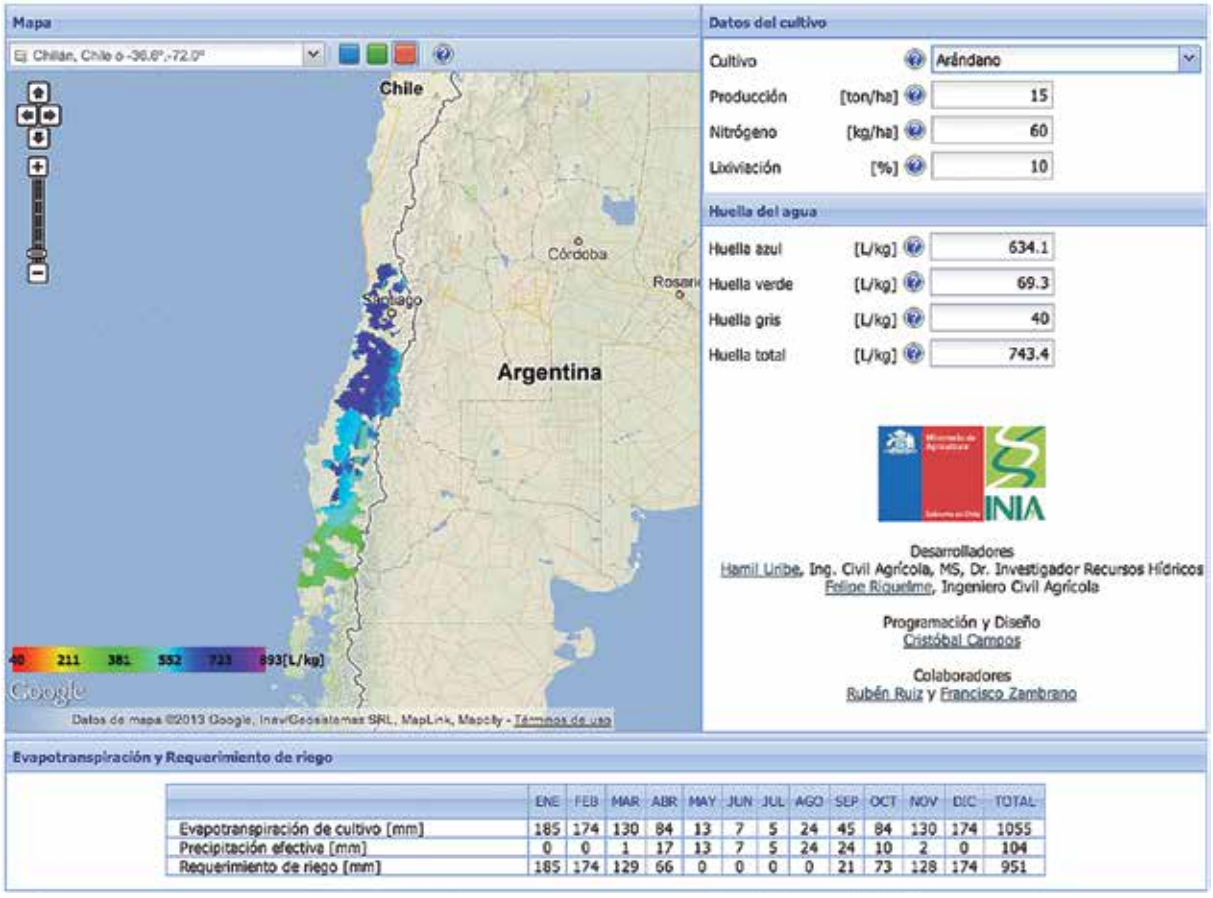


Figura 83. Ventanas de la calculadora de la huella del agua una vez seleccionado un punto en el mapa.

La ventana "Huella del Agua" presenta los valores calculados de la huella hídrica azul, verde, gris y total, en litros de agua por kilogramo de producto. Estos valores corresponden al punto seleccionado con el ratón del computador. Para seleccionar con mayor detalle un punto en el mapa, por ejemplo un predio en particular, es posible hacer un zoom o escribir el nombre de una ciudad o localidad en el cuadro de la esquina superior izquierda de la ventana "Mapa".

Finalmente la ventana "Evapotranspiración y requerimientos de riego" ubicada en la parte inferior de la pantalla, presenta los valores calculados de la evapotranspiración del cultivo, la precipitación efectiva y los requerimientos de riego a nivel mensual, en mm por mes. Estos valores corresponden al punto seleccionado con el ratón del computador. Al igual que en el caso anterior, es posible hacer un zoom para localizar un punto del mapa con mayor precisión.

Información base para el cálculo de la huella hídrica

En las secciones anteriores de este capítulo se presentó la forma de ingresar los datos y los resultados que entrega la calculadora, sin embargo es importante indicar algunos de los input y cómputos que la calculadora realiza internamente para obtener los valores que recibe el usuario.

El área cubierta por cada cultivo considerado se presenta a nivel de comuna, de acuerdo al Censo Nacional Agropecuario de 2007.

La calculadora toma como base de cálculo la información climática espacialmente distribuida de evapotranspiración y precipitaciones a nivel mensual obtenida de los Distritos Agroclimáticos. Esta información fue puesta en archivos tipo raster que cubren el país completo y permiten hacer balances hídricos.

La demanda de agua se calculó a partir de la evapotranspiración potencial mensual obtenida de los Distritos Agroclimáticos y los coeficientes de cultivo (kc), adaptados para Chile, llevados a escala mensual,

La precipitación efectiva, que corresponde al requerimiento hídrico del cultivo que es obtenido de la lluvia, fue estimada a partir de precipitaciones mensuales de los Distritos Agroclimáticos, utilizando la ecuación:

$$PP_{eff} = \begin{cases} 0.6PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 10 & PP \leq 70\frac{mm}{mes} \\ 0.8PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 24 & PP > 70\frac{mm}{mes} \end{cases}$$

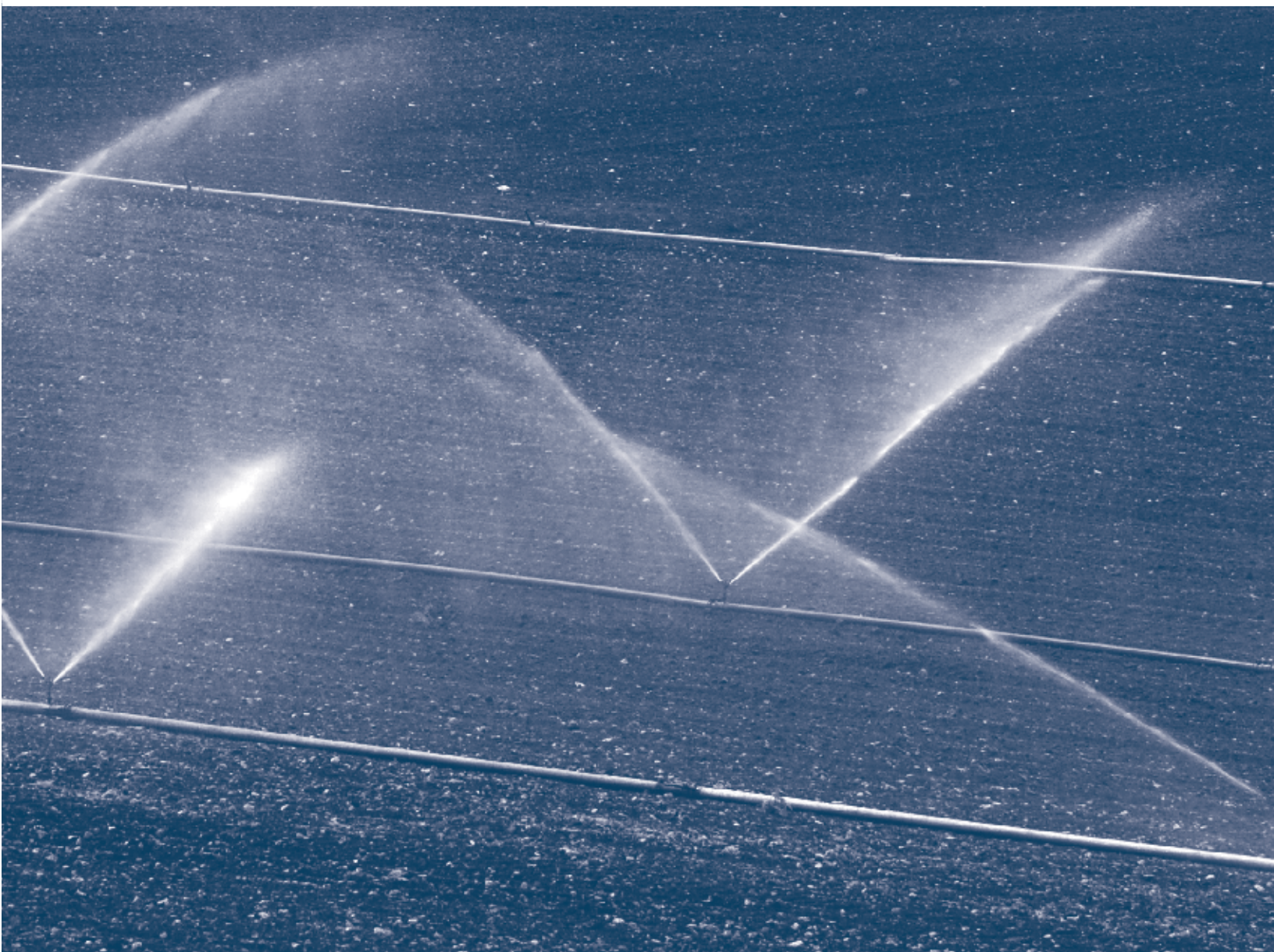
La fertilización entregada como valor por defecto corresponde a una recomendación de profesionales del INIA, al igual que los rendimientos de los cultivos. El nivel de lixiviación de nitrógeno en general se consideró como un 10% del nitrógeno aplicado, como indica la metodología del Water Footprint, pero en algunos casos particulares se modificó de acuerdo a las condiciones particulares de Chile. La fertilización nitrogenada y el porcentaje de lixiviación permiten calcular la huella hídrica gris.

La Tabla 35 presenta los valores incluidos por defecto, los cuales pueden ser cambiado por el usuario si cuenta con mejor información.

Tabla 35. Valores de Producción, fertilización y lixiviación consideraos por defecto.

Cultivo	Producción (Ton/ha)	Nitrógeno (U/ha)	Lixiviación (%)
Arándano	15	60	10
Arroz	8	100	5
Cerezo	12	0	10
Ciruelo Europeo	10	63	10
Ciruelo Japones	38	228	10
Durazno conservero	30	111	10
Kiwi	35	172	10
Limón	40	96	10
Mandarina	40	96	10
Manzana verde	75	249	10
Manzano roja	60	199	10
Naranjo	50	120	10
Nogal	5	56	10
Palto	25	180	10
Remolacha	105	180	10
Tomate de consumo fresco	100	373	10
Tomate Industrial	77	215	10
Uva de Mesa	25	88	10
Uva Pisquera	29,75	95	10

Conclusiones



Conclusiones

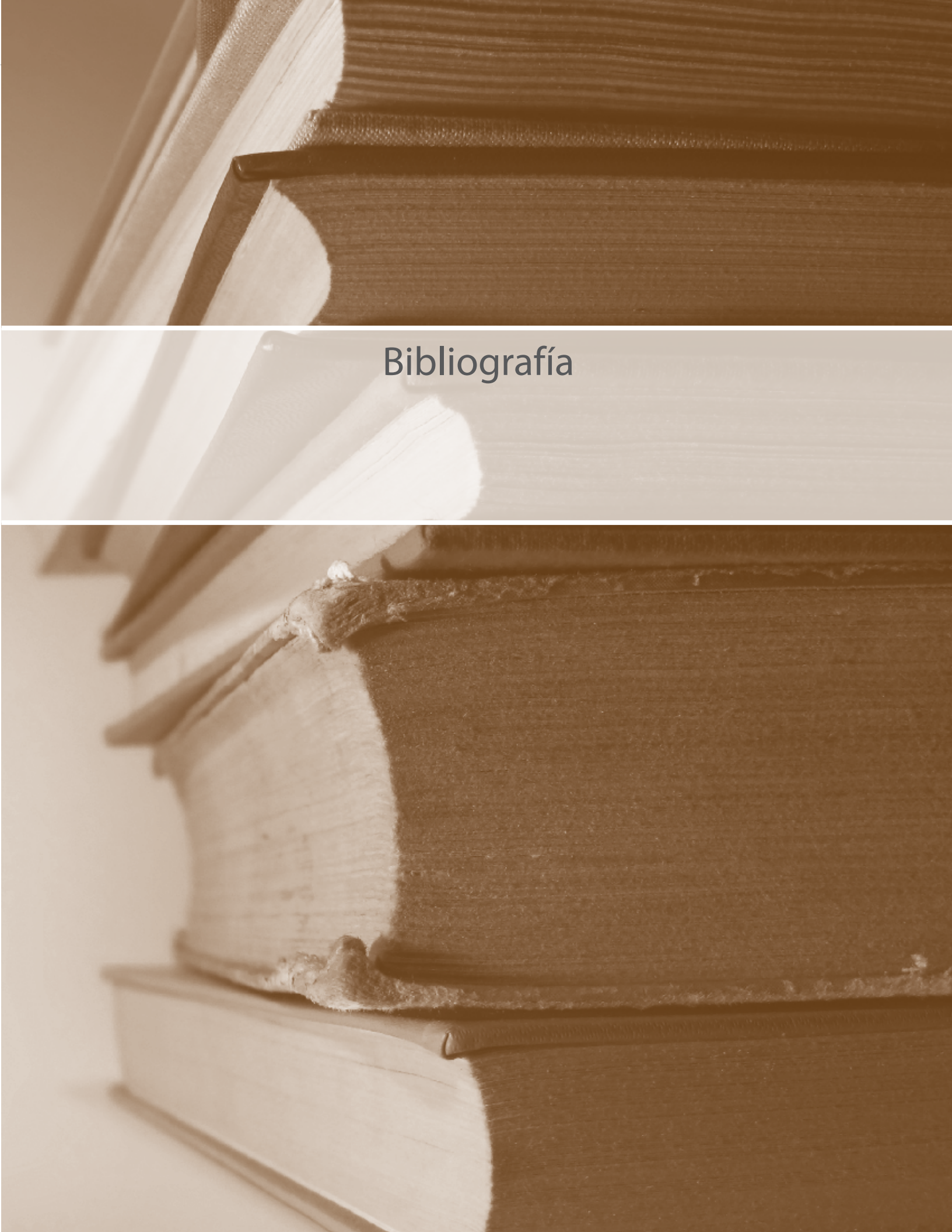
El indicador huella hídrica es una herramienta útil para medir el consumo de agua en la generación de un producto, sin embargo más allá de los valores absolutos determinados en este estudio, los resultados permitieron identificar los principales componentes que aportan a la huella hídrica de la producción de un kilo o litro de un producto. Esto facilita la identificación e implementación de acciones estratégicas para mejorar la eficiencia de uso del agua en el sector agropecuario.

Para estimaciones futuras en el cálculo de la huella hídrica será importante contar con suficientes registros de datos a nivel predial. Datos en cantidad y calidad adecuada permiten identificar de manera más confiable donde se producen los mayores consumos de agua en las distintas etapas productivas, de esta forma se facilita la buena gestión del recurso hídrico utilizado, mejorando la productividad del predio al mismo tiempo.

Es necesario tener en cuenta que las estimaciones de la huella hídrica en sistemas ganaderos son mucho más complejas que las estimaciones para sistemas vegetales. Esto se debe a que en el cálculo del agua utilizada para la producción de un producto de origen animal esta forzosamente involucrado el cálculo de cada uno de los materiales que conforman la alimentación del animal, que en general está basada en praderas más cultivos suplementarios solos o mezcla de los anteriores y/o también en concentrados comerciales que involucran dos o más materiales de origen vegetal o animal. Estos a su vez son utilizados como insumos para la alimentación animal, existiendo eficiencias asociadas a su utilización y la distribución entre los productos generados, ya que por ejemplo un animal que produce leche también produce carne.

También será importante definir claramente los límites del estudio y en el caso de la producción animal tener en consideración las categorías de animales utilizados. En el presente trabajo solo se utilizó animales en producción pero para obtener estos animales es importante también considerar el período de crianza previo a su edad productiva.

El mejoramiento de las capacidades técnicas, la generación de información amigable para los productores y la formación de la sociedad civil en temas vinculados al cuidado del agua son acciones estragicas que deben ser incluidas en un plan de manejo hídrico a nivel nacional.Por otra parte, para lograr la gestión integrada del recurso hídrico se precisa de la identificación, adaptación y mitigación del impacto del cambio climático en la agricultura nacional, de forma tal que permita promover la adopción de medidas para identificar los potenciales riesgos y para mejorar la capacidad de respuesta del sector agropecuario ante eventos climaticos extremos.



Bibliografía

Bibliografía

Aldaya M. y M. Llamas. 2008. Water footprint analysis for the Guadiana river basin. Value of water research report series no. 35. UNESCO-IHE.

Aldaya, M. y M. Llamas. 2009. WaterFootprint Analysis (Hydrologic and Economic) of the Guadiana River Basin", World Water Assessment Programme, The United Nations World Water Development Report 3, Side Publication Series, Scientific Paper, 35 pages, ISBN 978-92-3-104117-4

Anrique, R. 1999. Caracterización del Chile lechero. Latrille, L. (ed.). Producción Animal. Universidad Austral de Chile (Chile). 114-157p.

Barranco, D., A. Cimato, P. Fiorino, L, Rallo, A. Touzani, C. Castañeda, F. Serafini y I. Trujillo. 2000. Catálogo Mundial de Variedades de Olivos. COI. Secretaría Ejecutiva. Madrid-España. 360 p.

BCC. "Producto interno bruto regional, series de indicadores", Banco Central de Chile, [en línea]. [28.11.12]. Disponible en la web: http://www.bcentral.cl/estadisticas-economicas/series-indicadores/index_aeg.htm

Broussain, J. 2011. Análisis y aplicación de la metodología para el cálculo de la Huella hídrica a nivel predial de la producción lechera en Chile. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Campo Agro Chile Ltda., Campo Expert. Programa de fertilización en Uva de Mesa. Fertilización Foliar y Suelo. Visto en www.compo-expert.com/cl

Chapagain, A., A. Hoekstra, y H. Savenije. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. Hydrol. Earth Syst. Sci., 10, 455–468, 2006

Chapagain, A. and S. Orr. 2009. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes. Journal of Environmental Management 90 (2009) 1219–1228.

Chapagain, A.K. and A. Hoekstra. 2003 'Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products' ,Value of Water Research Report Series No.13, UNESCO-IHE.

Chapagain, A.K. and A. Hoekstra. 2004. Water footprints of nations, Value of Water Research Report Series No.16, UNESCO-IHE..

Chico, D., G. Salmoral, M. Llamas, A. Garrido and M. Aldaya. 2010. The water footprint and virtual water export of Spanish tomatoes. Virtual Water Papers nº 8, Botín Foundation, Santander.

Consorcio lechero. "Informe estudio caracterización de los productores lecheros, usando bases de datos disponibles", [en línea]. [28.11.12]. Disponible en la web: http://www.consorciolechero.cl/chile/pags/informes-finales.php

Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), 2008. Nodo Hortícola VI región N°3; Producción Tecnificada de hortalizas en la VI Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

Dirección General de Aguas (DGA), 2004. Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad.

Doorenbos, J. and W. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO,. Rome, Irrig. Drain. Paper No. 24, 144P.

Doreau, M., M. Corson, and S. Wiedemann. 2012. Water use by livestock: A global perspective for a regional issue? Animal Frontiers 2(2): 9-16.

Drastig, K., A. Prochnow, S. Kraatz, H. Klauss and M. Plöchl. 2010. Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany). Adv. Geosci., 27, 65–70

EBLEX. 2010. Testing the water. The English beef and sheep production environmental roadmap – Phase 2. 47p En: http://www.eblex.org.uk/documents/content/publications/p_cp_testingthewatero61210.pdf

Eguillor, P. 2010. Situación del tomate para Consumo Fresco. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias – ODEPA. 12p En: http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2260.pdf

Escalona, V. 2009. Nodo Hortícola VI región, Manual de cultivo del tomate.

Salazar, F., J. Dumont, M. Santana, B. Pain, D. Chadwick and E. Owen. 2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de lechería en el Sur de Chile. Arch. Med. Vet. 35, 215-225.

Salazar, F., J. Martínez-Lagos, M. Alfaro and T. Misselbrook. 2012. Low nitrogen leaching losses following a high rate of dairy slurry and urea application to pasture on a volcanic soil in Southern Chile. Agriculture, Ecosystems and Environment, 160:23-28.

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2006. Evapotranspiración de cultivos. Food and Agriculture Organization N° 56. Roma, Italia.

Fundación para la Innovación Agraria (FIA), 2009. Agenda de innovación agraria territorial, Región XV de Arica y Parinacota. Ministerio de Agricultura Gobierno de Chile.

Gerbens-Leenes, P., M. Mekonnen and A. Hoekstra. 2011. A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems, Value of Water Research Report Series No. 55, UNESCO-IHE.

Hess, T. 2010. Estimating Green Water Footprints in a Temperate Environment. Water, 2, pp. 351-362.

Hoekstra A. 2008. The water footprint of food, In: Förare, J. (ed.) Water for food, The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas), Stockholm, Sweden, pp. 49-60.

Hoekstra A. 2010. The water footprint: water in the supply chain, The Environmentalist 93: 12-13.

Hoekstra, A. 2011. Understanding the water footprint of factory farming, Farm Animal Voice, 180: 14-15.

Hoekstra Arjen Y. 1, 2, 4, Chapagain Ashok K.3, Aldaya Maite M.1, 2 y Mekonnen Mesfin M.2 2009. Water Footprint Manual,State of the Art 2009. 1 Water Footprint Network, Enschede, Netherlands 2 University of Twente, Enschede, Netherlands 3 WWF-UK, Godalming, UK 4. Autor Correspondiente: a.y.hoekstra@utwente.nl

Hoekstra, A., A. Chapagain, M. Aldaya and M. Mekonnen. 2011. The water footprint assessment manual: Setting the global standard, Earthscan, London, UK.

Hoekstra, A. and A. Chapagain. 2008. Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources. Blackwell Publishing. Oxford, UK.

Instituto nacional de estadísticas, INE. 2007. "Resultados preliminares del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal". Instituto Nacional de Estadística. [en línea]. [28.11.12]. Disponible en la web: http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/ censos_agropecuarios/xls/2007/12_rev.xls

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2007. Formulación de sistemas de producción limpia para los principales cultivos del valle de Azapa. INNOVA CHILE, Subdirección de Innovación de Interés Público e Innovación Precompetitiva, Proyecto Código 07CN13IAM-27.INE. 2008. Estadísticas Agropecuarias Informe Anual 2007.

Instituto nacional de estadísticas (INE). 2010. Información Hortícola, Publicación Especial 2009-2010.

Mekonnen, M. and A. Hoekstra. 2010. The green, blue and grey Water Footprint of crops and derived crop products,Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf

Mekonnen, M. and A. Hoekstra. 2010. The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Value of Water Research Report Series No.48, UNESCO-IHE.

Mekonnen, M. and A. Hoekstra. 2011. The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15:1577-1600.

Mekonnen, M. and A. Hoekstra. 2012. A global assessment of the water footprint of farm animal products. Ecosystems, 15:401-415.

MLURI. 2011. Decision support tools to link ecology and land management: development of hill plan. The Macauley Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, UK. En: www.macauley.ac.uk/hillplan.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, 2007. Citado en Acuerdo de Producción Limpia para Productores de Leche Bovina de La Región de Los Ríos. 2009. Gobierno de Chile, Saval, Aproval y Ministerio de Agricultura. 27p. Disponible en: http://www.produccionlimpia.cl/medios/APL_Lechero_Los_Rios.pdf (consultado en julio del 2012).

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA. 2010. http://www.odepa.gob.cl/util/Web.action;jsessionid=17379E75A3F210047E31D5CA0A40D767.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, 2011. Estadísticas por macro rubros agrícolas. Visto en http://www.odepa.gob.cl/menu/MacroRubros.action;jsessionid=6E3436C5278C6F30A90BDB6990F57B29?rubro=agricola&reporte=

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA. "Leche: producción, recepción, precios y comercio exterior", Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, [en línea]. [28.11.12]. Disponible en la web: http://www.odepa.gob.cl/menu/MacroRubros.action?rubro=lactea&reporte=;jsessionid=2430EFFAA5832D99C8F2CC1570709B08

Pfister, S., A. Koehler, S. Hellweg. 2009. Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA. Environmental Science and Tachnology 43 (11), 4098 – 4104.

Riddautt, B., S. Eady, J. Sellahewa, L. Simons and R. Bektash. 2009. Water footprinting at the product brand level: case study and future challenges. Journal of Cleaner Production 17 (13), 1228 – 1235.

Riddaut, B., P. Sanguansri, M. Nolan and N. Marks. 2011. Meat consumption and water scarcity: Beware of generalizations. J. Clean. Prod. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10027.

Salazar, F., J. Dumont, M. Santana, B. Pain, D. Chadwick, and E. Owen. 2003. Prospección del manejo y utilización de efluentes de lechería en el Sur de Chile. Arch. Med. Vet. 35, 215-225.

Salazar, F., J. Martínez-Lagos, M. Alfaro and T. Misselbrook. 2012. Low nitrogen leaching losses following a high rate of dairy slurry and urea application to pasture on a volcanic soil in Southern Chile. Agriculture, Ecosystems and Environment, 160:23-28.

Salmoral, G, M. Aldaya, D. Chico, A. Garrido and M. Llamas. 2010. The water footprint of olive oil in Spain. Papeles de Agua Virtual. Observatorio del Agua, Edita: Fundación Marcelino Botín. Pedrueca, 1 (Santander) www.fundacionmbotin.org

Sierra, C., F. Tapia, A. Ibacache y P. Olivares. 2003. Respuesta en producción y calidad a la fertilización con nitrógeno, fósforos y potasio del olivar cv Sevillana, en el valle del Huasco. In VI Jornadas Olivícolas Nacionales, 29-31 de octubre del 2003. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile.

Tafra, Antonio. (2011). Plan de internacionalización para la exportación de Carne ovina magallánica de swanhouse s.a. Tesis de magister. Universidad de chile, Santiago. 153p

Tapia, F., A. Ibacache y A. Arancibia. 2010. Comportamiento productivo e industrial de variedades de olivo de interés aceitero para Atacama. . En Revista Tierra Adentro, Nº 91, pp 34-37.

Tapia, F., I. Trujillo y A. Ibacache 2001. Prospección y caracterización morfológica de las variedades de olivo cultivadas en las regiones III y IV de Chile p. 45-47 In Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. V Jornadas Olivícolas Nacionales. Serie Actas N° 14. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Vallenar, Chile

Tapia, F., A. Ibacache, P. Olivares. 2001. Determinación de la época adecuada de fertilización nitrogenada en olivo (Olea europea L.), variedad Empeltre p.118-119. In Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi. V Jornadas Olivícolas Nacionales. Serie Actas N° 14. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, Vallenar, Chile.

Thomson, A., J. King, K. Smith, and D. Tiffin. 2007. Opportunities for Reducing Water use in Agriculture. Defra Research Project Final Report for WU0101.

Tous, J y A. Romero. 1993. Variedades del olivo, con especial referencia a Cataluña. Fundación "la Caixa". España.

Universidad de Chile, Instituto de Asuntos Públicos, 2010. Informe país "Estado del medio ambiente en chile 2008", Santiago. 508p.

Zohary, A. and P. Spiegel-Roy. 1975. Beginning of fruit growing in the old world. Science 187 (4174): 319-327.

Índice de Anexos

Anexo 1: Uva de Mesa
Copiapó Lámina 1.1 a 1.4: Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama. Lámina 1.5 a 1.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama.
Huasco Lámina 1.9 a 1.12: Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama. Lámina 1.13 a 1.16: Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama.
Elqui Lámina 1.17 a 1.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo. Lámina 1.21 a 1.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Limarí Lámina 1.25 a 1.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo. Lámina 1.29 a 1.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Choapa Lámina 1.33 a 1.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo. Lámina 1.37a 1.40 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Aconcagua Lámina 1.41 a 1.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso Lámina 1.45 a 1.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Maipo Lámina 1.49 a 1.52 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana Lámina 1.53 a 1.56 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 1.57 a 1.60 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins Lámina 1.61 a 1.64 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 1.65 a 1.68 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Thompson Seedless, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins, Región de O'Higgins. Lámina 1.69 a 1.72 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Red Globe, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins, Región de O'Higgins.

Anexo 2: Uva Pisquera.
Copiapó Lámina 2.1 a 2.4 Mapa de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Alejandría, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama. Lámina 2.5 a 2.8 Mapa de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel Rosada, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama. Lámina 2.9 a 2.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Austria, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama. Lámina 2.13 a 2.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Pedro Jiménez, en la cuenca del río Copiapó, Región de Atacama.
Huasco Lámina 2.17 a 2.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Alejandría, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama. Lámina 2.21 a 2.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel Rosada, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama. Lámina 2.25 a 2.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Austria, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama. Lámina 2.29 a 2.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Pedro Jiménez, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama.
Elqui Lámina 2.33 a 2.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel Rosada, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo. Lámina 2.37 a 2.40 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Austria, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo. Lámina 2.41 a 2.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Pedro Jiménez, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Limarí Lámina 2.45 a 2.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Alejandría, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo. Lámina 2.49 a 2.52 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel Rosada, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo. Lámina 2.53 a 2.56 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Austria, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo. Lámina 2.57 a 2.60 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Pedro Jiménez, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Choapa Lámina 2.61 a 2.64 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel de Alejandría, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo. Lámina 2.65 a 2.68 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Moscatel Rosada, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo. Lámina 2.69 a 2.72 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva pisquera variedad Pedro Jiménez, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Anexo 3: Paltas
Elqui Lámina 3.1 a 3.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.

Limarí Lámina 3.5 a 3.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Choapa Lámina 3.9 a 3.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Petorca Lámina 3.13 a 3.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
La Ligua Lámina 3.17 a 3.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Aconcagua Lámina 3.21 a 3.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Maipo Lámina 3.25 a 3.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Palta, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Anexo 4: Olivas
San José Lámina 4.1 a 4.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río San José, Región de Arica y Parinacota Lámina 4.5 a 4.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río San José, Región de Arica y Parinacota
Huasco Lámina 4.9 a 4.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama Lámina 4.13 a 4.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río Huasco, Región de Atacama
Elqui Lámina 4.17 a 4.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo. Lámina 4.21 a 4.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Rapel Lámina 4.25 a 4.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins. Lámina 4.29 a 4.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 4.33 a 4.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río Maule, Región del Maule Lámina 4.37 a 4.40 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río Maule, Región del Maule

Itata
Lámina 4.41 a 4.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Sevillano, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío
Lámina 4.45 a 4.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Olivo Arbequina, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío

Anexo 5: Cítricos

Elqui
Lámina 5.1 a 5.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Limón, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Lámina 5.5 a 5.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Lámina 5.9 a 5.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.

Limarí
Lámina 5.13 a 5.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para la Limón, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Lámina 5.17 a 5.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Lámina 5.21 a 5.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.

Choapa
Lámina 5.25 a 5.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para la Limón, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Lámina 5.29 a 5.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Lámina 5.33 a 5.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.

Petorca
Lámina 5.37 a 5.40 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Limón, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
Lámina 5.41 a 5.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
Lámina 5.45 a 5.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.

La Ligua
Lámina 5.49 a 5.52 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Limón, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Lámina 5.53 a 5.56 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Lámina 5.57 a 5.60 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.

Aconcagua
Lámina 5.61 a 5.64 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Limón, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Lámina 5.65 a 5.68 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Lámina 5.69 a 5.72 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.

Maipo Lámina 5.73 a 5.76 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Limón, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana. Lámina 5.77 a 5.80 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Mandarina, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana. Lámina 5.81 a 5.84 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Naranja, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Anexo 6: Cerezas
Elqui Lámina 6.1 a 6.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Limarí Lámina 6.5 a 6.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Aconcagua Lámina 6.9 a 6.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Maipo Lámina 6.13 a 6.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 6.17 a 6.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 6.21 a 6.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Cereza, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins.
Mataquito Lámina 6.25 a 6.28 Mapa huella hídrica referencial azul en L/kg, para cerezo, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Maule Lámina 6.29 a 6.32: Mapa huella hídrica referencial azul en L/kg, para cerezo, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Anexo 7: Tomate para Consumo fresco.
San José Lámina 7.1 a 7.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río San José, Región de Arica y Parinacota.
Elqui Lámina 7.5 a 7.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Limarí Lámina 7.9 a 7.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Aconcagua Lámina 7.13 a 7.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.

Mapocho Lámina 7.17 a 7.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Mapocho, Región Metropolitana.
Maipo Lámina 7.21 a 7.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 7.25 a 7.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 7.29 a 7.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Itata Lámina 7.33 a 7.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Tomate al Aire Libre, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.
Anexo 8: Tomate Industrial
Maipo Lámina 8.1 a 8.4 Mapas de Huella Hídrica en L/kg, para Tomate Industrial, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 8.5 a 8.8 Mapas de Huella Hídrica en L/kg, para Tomate Industrial, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 8.9 a 8.12 Mapas de Huella Hídrica en L/kg, para Tomate Industrial, en la cuenca del río Maule, Región del Maule
Itata Lámina 8.13 a 8.16 Mapas de Huella Hídrica en L/kg, para Tomate Industrial, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío
Anexo 9: Remolacha.
Mataquito Lámina 9.1 a 9.4 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Maule Lámina 9.5 a 9.8 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Maule, Región del Maule
Itata Lámina 9.9 a 9.12 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío
Biobío Lámina 9.13 a 9.16 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío
Imperial Lámina 9.17 a 9.20 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Imperial, Región de la Araucanía

Bueno Lámina 9.21 a 9.24 Mapa huella hídrica en L/kg, para Remolacha, en la cuenca del río Bueno, Región de los Ríos
Anexo 10: Ciruela
Aconcagua Lámina 10.1 a 10.4 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo europeo, en la cuenca del río Aconcagua, Región del Valparaíso. Lámina 10.5 a 10.8 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo Japonés, en la cuenca del río Aconcagua, Región del Valparaíso.
Maipo Lámina 10.9 a 10.12 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo europeo, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana. Lámina 10.13 a 10.16 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo Japonés, , en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Rapel Lámina 10.17 a 10.20 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo europeo, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins. Lámina 10.21 a 10.24 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo Japonés, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins.
Mataquito Lámina 10.25 a 10.28 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo europeo, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule. Lámina 10.29 a 10.32 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo Japonés, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Maule Lámina 10.33 a 10.36 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo europeo, en la cuenca del río Maule, Región del Maule. Lámina 10.37 a 10.40 Mapa huella hídrica en L/kg, para Ciruelo Japonés, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Anexo 11. Manzana
Cachapoal Lámina 11.1 a 11.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins. Lámina 11.5 a 11.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 11.9 a 11.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins. Lámina 11.13 a 11.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins.
Mataquito Lámina 11.17 a 11.20 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule. Lámina 11.21 a 11.24 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.

Maule Lámina 11.25 a 11.28: Mapa huella hídrica en L/kg para Manzana Roja, en la cuenca del río Maule, Región del Maule. Lámina 11.29 a 11.32: Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Itata Lámina 11.33 a 11.36 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío. Lámina 11.37 a 11.40 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.
Biobío Lámina 11.41 a 11.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío. Lámina 11.45 a 11.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío. Lámina 11.49 a 11.52 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Biobío, Región de la Araucanía. Lámina 11.53 a 11.56 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Biobío, Región de la Araucanía.
Imperial Lámina 11.57a 11.60 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Imperial, Región de la Araucanía. Lámina 11.61 a 11.64 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Imperial, Región de la Araucanía.
Toltén Lámina 11.65 a 11.68 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Roja, en la cuenca del río Toltén, Región de la Araucanía. Lámina 11.69 a 11.72 Mapa huella hídrica en L/kg, para Manzana Verde, en la cuenca del río Toltén, Región de la Araucanía.
Anexo 12:Kiwi
Maipo Lámina 12.1 a 12.4 Mapa huella hídrica Azul en L/kg, para Kiwi, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 12.5 a 12.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Kiwi, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 12.9 a 11.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Kiwi, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins.
Mataquito Lámina 12.13 a 12.16 Mapa huella hídrica en L/kg, para Kiwi, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Maule Lámina 12.17 a 12.20: Mapa huella hídrica en L/kg para Kiwi, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.

Itata Lámina 12.21 a 12.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Kiwi, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.
Anexo 13. Durazno Conservero
Petorca Lámina 13.1 a 13.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
La Ligua Lámina 13.5 a 13.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Aconcagua Lámina 13.9 a 13.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Maipo Lámina 13.13 a 13.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Cachapoal Lámina 13.17 a 13.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 13.21 a 13.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Durazno Conservero, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 13.29 a 13.32: Mapa huella hídrica en L/kg para Durazno Conservero, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Anexo 14: Arándano
Elqui Lámina 14.1 a 14.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.
Limarí Lámina 14.5 a 14.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Petorca Lámina 14.9 a 14.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
La Ligua Lámina 14.13 a 14.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Aconcagua Lámina 14.17 a 14.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Aconcagua, Región de Valparaíso.
Maipo Lámina 14.21 a 14.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.

Cachapoal Lámina 14.25 a 13.26 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Cachapoal, Región de O'Higgins.
Tinguiririca Lámina 14.29 a 14.32 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Tinguiririca, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 14.33 a 14.36: Mapa huella hídrica en L/kg para Arándano, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Mataquito Lámina 14.37 a 14.40 Mapa huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Itata Lámina 14.41 a 14.44 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.
Biobío Lámina 14.45 a 14.48 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío.
Imperial Lámina 14.49 a 14.52 Mapa huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Imperial, Región de la Araucanía.
Toltén Lámina 14.53 a 14.56 Mapa huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Toltén, Región de la Araucanía.
Bueno Lámina 14.57 a 14.60 Mapa huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Bueno, Región de Los Lagos.
Valdivia Lámina 14.61 a 14.64 Mapa huella hídrica en L/kg, para Arándano, en la cuenca del río Valdivia, Región de los Ríos.
Anexo 15: Arroz
Tinguiririca y Estero Chimbarongo Lámina 15.1 a 15.4: Mapa huella hídrica en L/kg para l Arroz, Tinguiririca y Estero Chimbarongo, Región de O'Higgins.
Maule Lámina 15.5 a 15.8: Mapa huella hídrica en L/kg para l Arroz, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Ñuble e Itata bajo Lámina 15.9 a 15.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para l Arroz, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.
Anexo 16: Maíz
Elqui Lámina 16.1 a 16.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Maíz dulce, en la cuenca del río Elqui, Región de Coquimbo.

Limarí Lámina 16.5 a 16.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Maíz dulce, en la cuenca del río Limarí, Región de Coquimbo.
Choapa Lámina 16.9 a 16.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para uva de mesa variedad Maíz dulce, en la cuenca del río Choapa, Región de Coquimbo.
Petorca Lámina 16.13 a 16.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Dulce, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso. Lámina 16.17 a 16.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Petorca, Región de Valparaíso.
La Ligua Lámina 16.21 a 16.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Dulce, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso. Lámina 16.25 a 16.28 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río La Ligua, Región de Valparaíso.
Aconcagua Lámina 16.29 a 16.32 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz dulce, en la cuenca del río Aconcagua, Región del Valparaíso. Lámina 16.33 a 16.36 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Aconcagua, Región del Valparaíso.
Maipo Lámina 16.37 a 16.40 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz dulce, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana. Lámina 16.41 a 16.44 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Maipo, Región Metropolitana.
Rapel Lámina 16.45 a 16.48 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz dulce, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins. Lámina 16.49 a 16.52 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Rapel, Región de O'Higgins.
Mataquito Lámina 16.53 a 16.56 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz dulce, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule. Lámina 16.57 a 16.60 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Mataquito, Región del Maule.
Maule Lámina 16.61 a 16.64 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz dulce, en la cuenca del río Maule, Región del Maule. Lámina 16.65 a 16.68 Mapa huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Maule, Región del Maule.
Itata Lámina 16.69 a 16.72 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Dulce, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío. Lámina 16.73 a 16.76 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Itata, Región del Biobío.

Biobío Lámina 16.77 a 16.80 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Dulce, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío. Lámina 16.81 a 16.84 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Maíz Grano, en la cuenca del río Biobío, Región del Biobío.
Anexo 17. Ganado Bovino
Región de los Ríos Lámina 17.1 a 17.4 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino Lechero alimentado en pradera en la Región de Los Ríos. Lámina 17.5 a 17.8 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino Lechero alimentado en pradera + Forraje en la Región de Los Ríos. Lámina 17.9 a 17.12 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino de Carne en la Región de Los Ríos.
Región de los Lagos Lámina 17.13 a 17.16 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino Lechero alimentado en pradera en la Región de Los Lagos. Lámina 17.17 a 17.20 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino Lechero alimentado en pradera + Forraje en la Región de Los Lagos. Lámina 17.21 a 17.24 Mapas de huella hídrica en L/kg, para Ganado Bovino de Carne en la Región de Los Lagos.

Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

INIA

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DEL AGUA Y ESTRATEGIAS DE MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS