



La huella de la fruticultura chilena:

Estudio de línea base del impacto social y ambiental de la fruticultura de exportación.



Autores | Pablo Parodi
Sebastián González
Edgardo Cerda

**Edición
técnica** | Rodrigo Gallardo F.

Expediente Exportador N° 17

La huella de la fruticultura chilena:

Estudio de línea base del impacto social y ambiental de la fruticultura de exportación.

Asociación de Exportadores de Frutas de Chile A.G.

Marzo 2024

Primera Parte

Análisis de demandas hídricas y emisiones de dióxido de carbono de la fruticultura en Chile.

p. **06**

I Motivación y alcance del estudio

p. **10**

II Demanda hídrica de la fruticultura

III.1 Demanda hídrica para riego de plantaciones frutícolas p. **10**

II.1.1 Metodología p. 10

II.1.2 Datos a incluir en el modelo p. 12

II. 1.3 Resultados p. 14

II. 1.4 Análisis de eficiencia de riego p. 16

II.2 Demanda hídrica en packing p. **17**

II.2.1 Datos a incluir en el modelo p. 17

II.2.2 Metodología p. 18

II.2.3 Resultados p. 18

II.3 Indicador de uso agua p. **19**

II.4 La fruta en relación a otros alimentos p. **19**

p. **20**

III Emisiones de CO2 de la fruticultura

III. 1 Emisiones a nivel de huerto p. 21

III.1.1 Datos p. 21

III.1.2 Metodología p. 22

III.1.3 Resultados de emisiones en huerto p. 22

III.2 Emisiones en packing p. 23

III.2.1 Datos p. 23

III.2.2 Metodología p. 23

III.2.3 Resultados p. 24

III.3 Emisiones de CO2 por transporte de frutas p. 25

III.3.1 Metodología p. 25

III.3.2 Datos p. 25

III.3.3 Resultados p. 26

III.4 Indicador de emisiones de CO2 p. 28

III.5 La fruta en relación a otros alimentos p. 29

p. **31**

Referencias y anexos

Referencias de la Primera Parte p. 31

Anexo 1: **Lista de estaciones meteorológicas seleccionadas** p. 33

Anexo 2: **Temporadas de crecimiento, etapas de desarrollo y coeficientes de cultivo** p. 39

Anexo 3: **Duración de temporadas y etapas de desarrollo por fruta y región** p. 40

Anexo 4: **Indicador de agua de riego a partir de encuesta productores** p. 42

Anexo 5: **Eficiencia de riego por especie** p.43

Anexo 6: **Insumos y materiales** p. 44

Anexo 7: **Emisiones de CO2 por especie y medio de transporte** p. 44



I Motivación y alcance del estudio

Según lo reportado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) y, en particular, a la contribución del Grupo de Trabajo número I al Sexto Informe de Evaluación (IE6), es inequívoco que la influencia humana ha calentado la atmósfera, el océano y la corteza terrestre a una escala sin precedentes, generando cambios generalizados en la atmósfera, el océano, la criósfera y la biósfera. El cambio en el sistema climático inducido por el

hombre ya está generando fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en todas las regiones del mundo, aumentando tanto en frecuencia como intensidad. Evidencia de esto son cambios observados en fenómenos meteorológicos extremos como olas de calor, fuertes precipitaciones, sequías agrícolas y ecológicas y ciclones tropicales intensos, así como reducciones en el hielo marino del Ártico, las capas de nieve y el permafrost (IPCC, 2021).

Se pronostica que la temperatura de la superficie global seguirá aumentando hasta, al menos, mediados de siglo en todos los escenarios de emisiones considerados en el IE6, y el calentamiento global de 1,5 °C a 2 °C se superará durante el siglo XXI, a menos que se produzcan reducciones profundas de CO₂ y otras emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las próximas décadas. Limitar el calentamiento global inducido por el hombre requiere reducir las emisiones acumuladas de CO₂, alcanzando al menos cero emisiones netas de CO₂, junto con fuertes reducciones en otras emisiones de GEI.

Adicionalmente, el calentamiento global intensificará aún más el ciclo global del agua, incluida su variabilidad, las precipitaciones monzónicas globales y la gravedad de los eventos húmedos y secos. Según datos presentados en el 2020 Ecological Threat Register, cerca de 2.600 millones de personas en todo el mundo viven en países expuestos a niveles altos y extremos de estrés hídrico. En el continente americano, Chile y México son los países con mayor vulnerabilidad al estrés hídrico¹. En relación a las proyecciones de variabilidad de las

precipitaciones, si se considera el escenario más conservador, en el norte grande de Chile y en la zona austral se podría alcanzar una disminución de precipitaciones de hasta un 10%, mientras que en el norte chico, zona centro y sur del país, esta disminución en las precipitaciones podría alcanzar hasta un 20% (Hurrell, Deser, & Phillips, 2013).

A escala global, cada persona requiere diariamente entre 2 y 5 litros de agua para beber, pero para producir los alimentos que consume, se deben emplear diariamente entre 3.000 y 5.000 litros de agua. La agricultura, como principal consumidora de agua dulce y que requiere aproximadamente un 70% del agua dulce en Chile y en el mundo (Escenarios Hídricos 2030, 2018), es la que más se resiente a las alteraciones producidas por el cambio climático, y con ello, la generación de alimentos a nivel nacional (MOP, 2013).

“cerca de 2.600 millones de personas en todo el mundo viven en países expuestos a niveles altos y extremos de estrés hídrico”

En el ámbito productivo, la sustentabilidad consiste en buscar el desarrollo económico en el largo plazo, al tiempo que se contribuye con el desarrollo social y la protección del medio ambiente. Para lograr este objetivo, es fundamental realizar una gestión adecuada y el sector frutícola no es la excepción. Por lo tanto, es clave contar con indicadores, que permitan monitorear y evaluar el desempeño de los distintos actores en el sector frutícola (Acuña & Verastegui, 2013).

¹ Se clasifican en un nivel de vulnerabilidad alto, consumiendo cada año entre el 40% y el 80% del total de recursos hídricos de los que disponen, según la proporción de agua utilizada anualmente con respecto al suministro disponible (IEP, 2020)

Este estudio tiene como finalidad conocer indicadores y estadísticas de las principales frutas frescas de exportación de Chile, focalizándose en la cuantificación de la huella de carbono y la demanda hídrica de siete especies de frutas, las que en conjunto representan más del 80% de la superficie frutícola en Chile. Se escogen entonces dos indicadores ambientales para la industria:

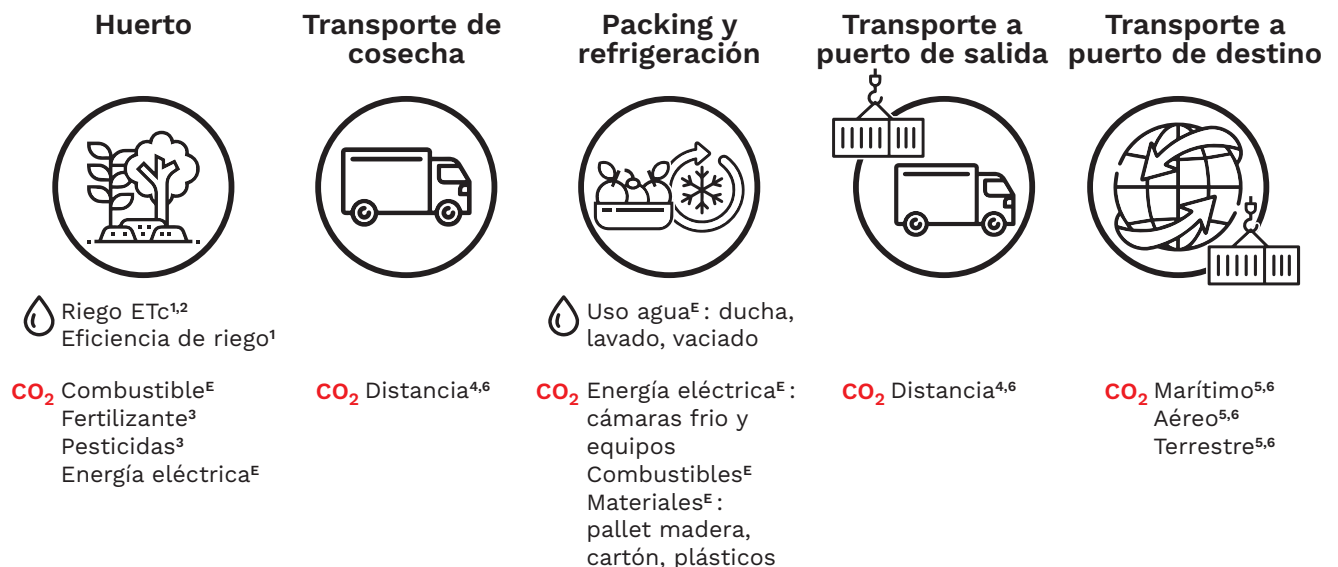
- i. Litros de agua utilizados por kilogramo de fruta producida [l/kg]
- ii. Kilogramos de dióxido de carbono equivalente emitidos por kilogramo de fruta producida [kg CO₂eq/kg].

Debido a que cada etapa de producción de fruta fresca se asocia a distintos componentes que contribuyen a los indicadores ambientales, es necesario identificar estos componentes a lo largo de la cadena de valor de la fruta fresca de exportación. La Figura 1 muestra las etapas del proceso productivo de fruta fresca y los componentes que se analizan en este estudio.

En el ámbito productivo, la sustentabilidad consiste en buscar el desarrollo económico en el largo plazo, al tiempo que se contribuye con el desarrollo social y la protección del medio ambiente. Para lograr este objetivo, es fundamental realizar una gestión adecuada y el sector frutícola no es la excepción. Por lo tanto, es clave contar con indicadores, que permitan monitorear y evaluar el desempeño de los distintos actores en el sector frutícola (Acuña & Verastegui, 2013).

Las etapas que se estudian en este trabajo son las labores de campo o huerto relacionadas con el desarrollo y cosecha de la fruta, el transporte desde la zona de cosecha hacia las instalaciones de packing, los procesos que tienen lugar en el proceso de packing, el transporte desde el packing hasta el puerto de salida, y el transporte desde los puertos en Chile hacia los puertos de destino en el extranjero. Se definen estas etapas como límites del análisis, ya que son las que contribuyen en mayor medida a los indicadores ambientales

Figura 1. Componentes que contribuyen a cada indicador ambiental



Fuentes de información: 1. Catastros frutícolas ODEPA-CIREN, 2. Información meteorológica, 3. Fichas de costos ODEPA, 4. BBDD Google Maps, 5. BBDD ASOEX destinos de exportación, 6. Greenhouse Gas Protocol, E. Encuestas.

“Un último criterio de selección es la disponibilidad de información publicada de Fichas Técnico-Económicas puestas a disposición por ODEPA, las que serán relevantes al momento de estimar las emisiones de CO2 por fruta”

estimados (McLaren, y otros, 2009; Webb, Williams, Hope, Evans, & Moorhouse, 2013).

Respecto a las especies frutícolas consideradas, el estudio se centra en aquellas con mayor peso relativo en la canasta exportadora nacional. Como criterios de selección se utilizan el valor exportado (FOB) y las toneladas exportadas por fruta, sumándose a estos la superficie plantada por especie a nivel nacional. Un último criterio de selección es la disponibilidad de información publicada de Fichas Técnico-Económicas puestas a disposición por ODEPA, las que serán relevantes al momento de estimar las emisiones de CO2 por fruta (todas las especies seleccionadas cuentan con esta información para al menos una temporada agrícola entre 2010 y 2020).

A partir de lo señalado, se escogen 7 especies que, en conjunto, representan más del 85% del valor de las exportaciones del sector: Uva de Mesa, Cerezas, Manzanas, Arándanos, Paltas, Kiwis y Limones. A su vez, estas frutas concentran el 77,8% del volumen exportado y un 76,5% de la superficie total plantada, lo que asegura una alta representatividad del sector frutícola.

El documento se organiza en tres secciones principales, (i) esta sección introductoria que presenta la motivación y describe los objetivos del documento. (ii) Demanda Hídrica de la fruticultura. (iii) Emisiones de dióxido de carbono de la fruticultura. Las secciones (ii) y (iii) son autocontenidas presentando tanto la metodología como los resultados pertinentes a cada sección.

Tabla 1. Valor exportado, cantidad exportada y superficie planta de especies frutícolas

Especies fruta fresca	Valor exportado (FOB ¹)			Cantidad exportada ¹			Superficie plantada ²		
	[MUS\$]	[%]	acum [%]	[kton]	[%]	acum [%]	[ha]	[%]	acum [%]
Uva de mesa	1.236	25,4	25,4	682	25,9	25,9	45.488	19,2	19,2
Cerezas	1.041	21,4	46,8	155	5,9	31,8	39.579	16,7	36,0
Manzanas	659	13,6	60,4	709	27,0	58,8	32.257	13,6	49,6
Arándanos	578	11,9	72,3	105	4,0	62,8	18.194	7,7	57,3
Paltas	354	7,3	79,5	141	5,4	68,2	30.066	12,7	70,1
Kiwis	192	4,0	83,5	170	6,5	74,6	7.930	3,4	73,4
Limones	98	2,0	85,5	84	3,2	77,8	7.390	3,1	76,5
Ciruelas	171	3,5	89,0	123	4,7	82,5	17.110	7,2	83,8
Peras	127	2,6	91,6	132	5,0	87,5	7.042	3,0	86,8
Mandarinas	107	2,2	93,8	86	3,3	90,8	6.563	2,8	89,5
Nectarines	92	1,9	95,7	65	2,5	93,3	5.432	2,3	91,8
Naranjas	72	1,5	97,2	87	3,3	96,6	6.317	2,7	94,5
Clementinas	67	1,4	98,6	50	1,9	98,5	1.880	0,8	95,3
Duraznos	41	0,8	99,4	29	1,1	99,6	1.902	0,8	96,1
Otros	28	0,6	100,0	11	0,4	100,0	9.173	3,9	100,0

¹ Media de las exportaciones entre las temporadas 2015-2016 a 2019-2020 (fuente: ASOEX)

² Información recopilada de Catastros frutícolas ODEPA-CIREN para el período 2018-2020

II Demanda hídrica de la fruticultura

Esta sección calcula la demanda hídrica asociada a dos etapas del proceso productivo frutícola: (i) Demanda hídrica para riego de las plantaciones y (ii) Demanda hídrica en packing.

II.1 Demanda hídrica para riego de plantaciones frutícolas

El principal consumo de agua en los terrenos de cultivos de especies frutícolas es el uso de agua para riego, por lo que la demanda hídrica estimada en esta sección se centra en este uso. No se consideran otros usos con menor impacto en el consumo de agua, como el destinado a consumo humano en el campo o el destinado a limpieza de equipos y maquinaria.

La metodología que se plantea en la sección siguiente unifica modelos teóricos y distintas fuentes de registros empíricos: registros meteorológicos de distintas estaciones a lo largo de Chile, coeficientes técnicos definidos específicamente para cada fruta en cada zona del país, datos de precipitaciones efectivas, y datos de producción, superficie y métodos de riego utilizados de las distintas frutas seleccionadas. Con esto, se estima el consumo de agua para riego de cada comuna frutícola del país.

II.1.1 Metodología

La demanda de agua para riego (ecuación 1) se estima como la diferencia entre la evapotranspiración de cultivos (en adelante ET_c) y las precipitaciones efectivas en las zonas donde se cultiva la fruta (P_{eff}), dividido por la eficiencia de riego en el uso de agua.

$$\text{Demanda de agua} = \frac{(ET_c - P_{eff})}{\text{Eficiencia de riego}} \quad (1)$$

Para estimar la ET_c , se utiliza el método Penman-Monteith, recomendado para estos fines por

la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (en adelante FAO), en la serie de publicaciones “Riego y Drenaje” número 56 (FAO, 2006). Este método se utiliza dado que aproxima de manera apropiada la evapotranspiración de referencia (en adelante ET_0) de cualquier localidad evaluada, tiene bases físicas sólidas, e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos.

La ET_c Penman-Monteith (FAO, 2006) se define como:

$$ET_c = ET_0 \cdot K_c \quad (2)$$

En que:

ET_c : Evapotranspiración del cultivo [mm/día]

ET_0 : Evapotranspiración del cultivo de referencia [mm/día]

K_c : Coeficiente del cultivo

Esto permite dividir el cálculo de la ET_c en 2 componentes: la Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0), que expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, por lo que solo depende de parámetros climáticos; y el Coeficiente de cultivo (K_c), el que considera las características del cultivo y los efectos promedio de la evaporación en el suelo, por lo que solo depende de características del cultivo en estudio. Por esto mismo, el K_c depende también de las etapas de desarrollo de cada cultivo, lo que es incorporado en las estimaciones.

El procedimiento de cálculo de la evapotranspiración del cultivo para cada fruta es el siguiente:

- i. Obtener la ET_0 relevante para cada cultivo a partir de información meteorológica,
- ii. Identificar las etapas de desarrollo de cada cultivo, determinando la duración de cada etapa y seleccionando los valores correspondientes de K_c ,
- iii. Construir la curva del coeficiente de cultivo de cada fruta, la cual permite la determinación de K_c para cualquier momento durante el período de desarrollo de las distintas especies de fruta,
- iv. Calcular ET_c diario como el producto entre ET_0 y K_c en cada día de la temporada de cada fruta,
- v. Sumar ET_c diario para obtener la ET_c total de cada fruta durante toda su temporada.

Luego de obtener la ET_c , se realizan correcciones a las demandas evaporativas de los cultivos calculadas, según las precipitaciones de cada zona. Al valor obtenido de ET_c para cada comuna se le resta la precipitación efectiva (P_{eff}), que corresponde al agua procedente de las precipitaciones que queda retenida en el suelo y que puede ser aprovechada por las plantas. Esta se puede representar según las siguientes ecuaciones (Brouwer & Heibloem, 1986):

$$P_{eff} [mm/mes] = 0,8 \cdot p - 25 \quad \text{si } p > 75 \text{ mm/mes} \quad (3)$$

$$P_{eff} [mm/mes] = 0,6 \cdot p - 10 \quad \text{si } p < 75 \text{ mm/mes} \quad (4)$$

donde p corresponde a la precipitación mensual acumulada en milímetros.

En climas secos, definidos en este estudio desde la región de Coquimbo (inclusive) hacia el norte, las precipitaciones mensuales inferiores a 5 milímetros no añaden humedad a la reserva del suelo, por lo que en estos casos se considera precipitación efectiva nula.

Finalmente, se dividen los valores de ETC, a los que se les ha sustraído las precipitaciones efectivas, por la eficiencia media de riego por comuna, que no es más que la media de las eficiencias de cada método de riego para cada comuna, ponderada por la cantidad de hectáreas que utilizan dicha tecnificación del riego.

II.1.2 Datos a incluir en el modelo

Para realizar la estimación del consumo de agua para el riego de los huertos de cada comuna agrícola de las especies seleccionadas, se utiliza la información de distintas fuentes:

1. Datos de producción y plantaciones

frutícolas: Para obtener información sobre la distribución geográfica y las características de los huertos frutícolas en Chile se utilizan los Catastros frutícolas de ODEPA-CIREN para el período 2018-2020 (según el año en que fue realizado el catastro para cada región), los que permiten tener una panorámica completa y detallada de las superficies plantadas, la cantidad cosechada, el año de las plantaciones y el método de riego utilizado para cada especie frutícola a nivel de huerto.

2. Datos provenientes de estaciones

meteorológicas: Los parámetros climáticos requeridos para la estimación de la demanda hídrica se obtienen de registros de estaciones meteorológicas representativas de cada zona de cultivo en cada comuna con producción frutícola.

Los datos que se utilizan de cada estación son la evapotranspiración de referencia (ET_o) diaria y las precipitaciones mensuales

acumuladas. En el caso de que no haya registros de ET_o en uno o dos días, estos valores se completan con el valor medio entre los días anterior y posterior. Si los registros faltantes alcanzan el período de una semana, estos valores se completan con el valor medio mensual. Si falta información por períodos superiores a una semana, se completa esta información con el valor medio mensual de un período de referencia de los 5 años anteriores.

Se escogen estaciones meteorológicas ubicadas en áreas productivas de las distintas especies de fruta seleccionadas, asociando cada una de las 124 estaciones a una comuna o a un conjunto de las 220 comunas con presencia frutícola que se consideran en esta sección del estudio.

La principal fuente de información meteorológica es la Red Agroclimática Nacional del Ministerio de Agricultura, que integra en su portal web (www.agromet.cl) la información proveniente de distintas redes previamente existentes: el Sistema de información geográfica (GEOMATIKA) y la Red Agroclima de la Fundación para el Desarrollo Frutícola (FDF), la Red Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) y la red de estaciones del Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA). Adicionalmente, se han consultado algunas estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aguas (DGA), de la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), de la Universidad Austral de Chile (UACH) y la web del Center for Climate and Resilience Research (CR2) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile. En el Anexo 1:

Lista de estaciones meteorológicas seleccionadas se presenta el listado de estaciones meteorológicas y la o las comunas que representan, además de información geográfica, topográfica y la propiedad de cada estación.

Los criterios de selección de las estaciones son la representatividad de las zonas de cultivo dentro de cada comuna, considerando la cercanía a la zona de cultivos y la altitud de la estación. Se utiliza la información meteorológica correspondiente al período analizado, definido por el Catastro Frutícola para cada región (2017-2018, 2018-2019 o 2019-2020). En caso de que una estación seleccionada no cuente con dicha información o tenga muy pocos registros, se escoge otra estación cercana y de altitud idónea que pueda representar al clima de la zona de cultivos de la comuna. En los casos en que las comunas no cuentan con una estación meteorológica, se utiliza el Estudio de la cobertura actual y futura de la Red Agroclimática Nacional (FIA, 2015)

donde se definen áreas de cobertura de los registros de cada estación de la FDF.

3. Datos de temporadas y etapas de desarrollo de especies frutícolas: La temporada, definida como el tiempo comprendido entre el momento en que aparecen las primeras hojas o primeras flores y el término de la cosecha (en detalle cada etapa de la temporada en el Anexo 2: Temporadas de crecimiento, etapas de desarrollo y coeficientes de cultivo), y las etapas de desarrollo de cada fruta, se obtiene de información recopilada bibliográficamente, en conjunto con consultas a expertos.

La Tabla 2 muestra el mes de inicio y término de las temporadas definidas para cada fruta por región. En el Anexo 3: Duración de temporadas y etapas de desarrollo por fruta y región, se presenta la duración exacta en días de cada temporada y cada etapa de desarrollo de cada fruta en las distintas regiones, además de las principales variedades de cada fruta por región.

Tabla 2. Temporadas de cada fruta por región

Región	Arándano	Cereza	Kiwi	Limón	Manzana	Palta	Uva de mesa
Arica y Parinacota	jul-ene			anual		anual	ago-ene
Atacama	jul-ene			anual		anual	ago ¹⁰ -ene ¹⁰
Coquimbo	jul ¹ -ene	ago ³ -dic ¹¹		anual		anual	sep ¹⁰ -feb ¹⁰
Valparaíso	jul ¹¹ -ene ²	sep ³ -ene ¹¹	ago ⁵ -mar ^{6,7}	anual	sep-mar	anual	sep ¹⁰ -mar ¹⁰
R. Metropolitana	jul ¹¹ -ene ²	sep ³ -ene ¹¹	sep-mar ⁶	anual	sep-mar	anual	sep ¹⁰ -abr ¹¹
O'Higgins	ago ¹¹ -feb ¹¹	sep ³ -ene ¹¹	sep-abr ⁶	anual	sep-mar ⁹	anual	sep ¹⁰ -abr ¹¹
Maule	sep ¹¹ -mar ¹¹	sep ³ -ene ¹¹	sep-abr ⁶	anual	sep ⁸ -mar ⁸	anual	sep-abr ¹¹
Nuble	sep ¹¹ -mar ¹¹	sep ³ -ene ¹¹	sep-abr ⁶	anual	sep ⁸ -abr	anual	
Biobío	oct ¹¹ -abr ¹¹	sep ⁴ -ene ¹¹	oct ⁶ -may ⁷	anual	sep ⁸ -abr	anual	
La Araucanía	oct ¹¹ -abr ¹¹	oct ⁴ -ene ³	oct ⁶ -may ⁷		sep ⁸ -abr		
Los Ríos	oct ¹¹ -abr ¹¹	oct ³ -ene ³	oct-may		oct-may		
Los Lagos	oct ¹¹ -abr ¹¹	oct ³ -ene ³			oct-may		
Aysén Gral C. Ibáñez	oct-abril	oct ³ -ene ³			oct-may		

Fuentes: 1. (INIA, 2017), 2. (INDAP, 2005), 3. (Lemus, 2005), 4. (Grau, 2007), 5. (Sepúlveda & Rojas, 1985), 6. (FIA, 2010), 7. (CIREN, 1988), 8. (CIREN-INIA, 2016), 9. (Bravo, 2011), 10. (INIA-INDAP_b, 2017), 11. Consulta expertos. Notas: En color rojo fechas inferidas.

4. Datos de coeficientes de cultivo:

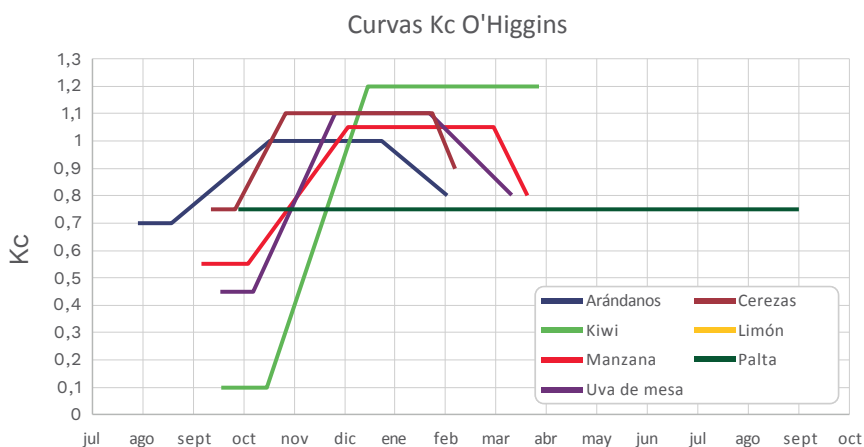
Los coeficientes de cultivo para cada etapa de desarrollo para las distintas especies de fruta seleccionadas se obtienen de la recopilación de información de estudios y manuales realizados en Chile. La Tabla 3 presenta los coeficientes utilizados.

Tabla 3. Coeficientes de cultivo de cada especie

Especie	Kc_ini	Kc_ini	Kc_med	Kc_fin	Fuente
Arándanos	0,70	0,70	1,00	0,80	(INIA, 2017) Manual de manejo agronómico del arándano
Cerezas	0,75	0,75	1,10	0,90	(Lemus, 2005) El cultivo del cerezo
Kiwis	0,10	0,10	1,20	1,20	(FIA, 2010) Manual de producción del kiwi chileno
Limonos	0,65	0,65	0,65	0,65	(Osorio, 2013) Determinación de la huella del agua y estrategia de manejo de recursos hídricos
Manzanas	0,55	0,55	1,05	0,80	(Ferreyra & Sellés, 2013) Manual de Riego para especies frutales
Paltas	0,75	0,75	0,75	0,75	(INIA-INDAP_a, 2017) Manual del cultivo del palto
Uva de mesa	0,25	0,25	1,10	0,60	(INIA-INDAP_b, 2017) Manual del cultivo de uva de mesa

Una vez definidas las temporadas, etapas de desarrollo y coeficientes de cultivo de cada fruta, se elaboran curvas del coeficiente de cultivo de cada especie por región, las que permiten luego calcular la evapotranspiración de los cultivos. La Figura 2 muestra una representación gráfica de las curvas del coeficiente de cultivos de todas las frutas con presencia frutícola en la región de O'Higgins.

Figura 2. Curvas del coeficiente de cultivos región de O'Higgins



Fuente: Elaboración propia

5. Datos de eficiencia de riego:

La eficiencia de riego de cada método de riego presente en los Catastros Frutícolas se obtiene de Antúnez & Felmer (2009) (ver Tabla 4. Eficiencia de aplicación del agua según el método de riego utilizado)

Tabla 4. Eficiencia de aplicación del agua según el método de riego utilizado

Método de riego	Eficiencia de riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Aspersión	75
Microaspersión	85
Goteo	90
Otros	50

II.1.3 Resultados

Las demandas de riego para cada comuna se han estimados en milímetros de agua (litros caídos por unidad de superficie en metros cuadrados), lo que equivale a metros cúbicos por hectárea. De los catastros frutícolas se conoce la superficie plantada de cada especie en cada comuna, por tanto, el producto de la demanda de riego por la superficie plantada en cada comuna dará como resultado el volumen de agua, en metros cúbicos, consumido para el riego de cada especie en su comuna. Sólo se considera superficies con plantaciones en producción (superficie productiva). Para esto, se asume como superficie productiva plantaciones con al menos 3 años de edad.

De los Catastros Frutícolas se conoce también la producción en toneladas de cada fruta a nivel comunal. Con esta información, la relación entre el volumen de agua consumido para riego y la cantidad de fruta cosechada (producida) da como resultado los metros cúbicos de agua consumidos por tonelada de fruta, lo que equivale

a litros de agua por kilogramo. Esta información comunal se pondera regionalmente según la superficie plantada, resultados que se presentan en la Tabla 5. Por último, y utilizando la misma metodología, se estiman los indicadores a nivel nacional, que se presentan en la Tabla 6.

Según los resultados obtenidos, a nivel nacional, la palta es la fruta que consume mayor cantidad de agua por kilogramo de producción de fruta en huerto, con un valor estimado de 805 [litros/kg] de producción de fruta. La sigue la cereza con 591 [litros/kg] y el arándano con 472 [litros/kg] de producción de fruta. Las especies que consumen menos agua por producción en huerto son el limón y la manzana, con 186 y 180 [litros/kg] de producción de frutas.

De manera generalizada para todas las frutas, se observa que se utiliza más agua en la zona norte y centro norte que en la zona centro, centro sur y austral. Este resultado es previsible debido a las mayores precipitaciones

que se registran hacia el sur de país. Si bien la tendencia es clara, se observa cierta variabilidad en los resultados obtenidos de manera regional, donde se destaca que los consumos de agua calculados son sensibles a la eficiencia de riego presente en las distintas regiones y a la componente climática relacionada al período de estudio escogido.

Finalmente, cabe señalar que los resultados de las demandas hídricas por fruta aquí obtenidas se contrastaron con los resultados de una encuesta realizada a productores frutícolas. Este ejercicio permitió validar los resultados presentados en este segmento puesto que los órdenes de magnitud y las tendencias por fruta que presento el indicador de demanda hídrica obtenido a través de la encuesta fueron consistentes con los resultados aquí expuestos. El detalle de la información y las demandas hídricas obtenidas a través de encuestas puede ser revisado en el Anexo 4: Indicador de agua de riego a partir de encuesta productores.

Tabla 5. Litros de agua utilizada para riego por kilogramo de producción de fruta por regiones [l/kg]

Región	Arándano	Cereza	Kiwi	Limón	Manzana	Palta	Uva de mesa
Atacama	-	-	-	-	-	1.022	243
Coquimbo	686	-	-	243	-	963	311
Valparaíso	599	627	398	161	-	723	227
R. Metropolitana	306	615	389	175	-	1.103	247
O'Higgins	533	618	254	160	224	548	247
Maule	525	557	290	-	177	137	324
Nuble	403	757	432	177	148	298	-
Biobío	648	559	340	-	117	332	-
La Araucanía	463	589	464	-	96	-	-
Los Ríos	310	125	92	-	-	-	-
Los Lagos	207	120	-	-	-	-	-

Tabla 6. Litros de agua utilizada para riego por kilogramo de producción de fruta a nivel nacional [l/kg]

Arándano	Cereza	Kiwi	Limón	Manzana	Palta	Uva de mesa
472	591	286	186	180	805	254

II.1.4 Análisis de eficiencia de riego

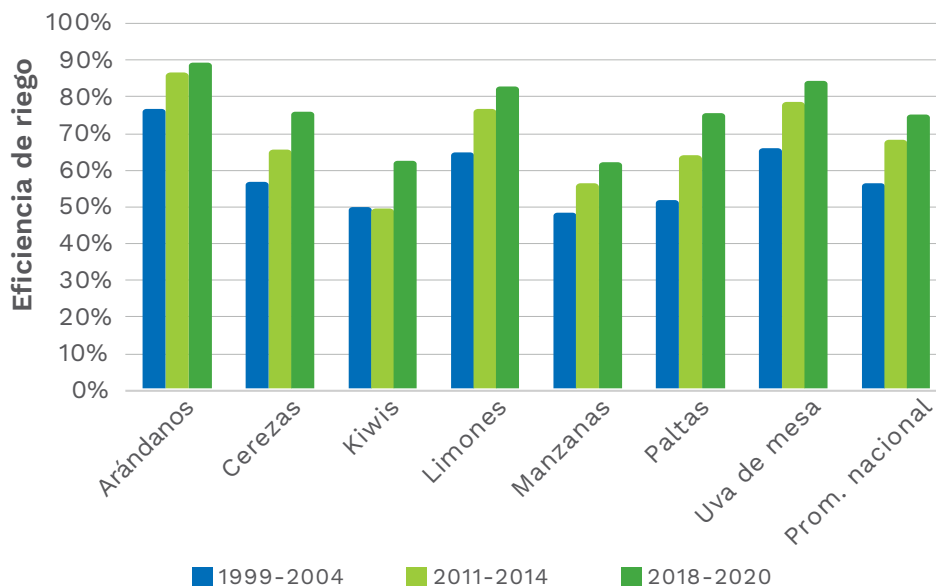
La tecnología de riego y su evolución en el tiempo es un indicador relevante para comprender cómo la tecnología utilizada en el campo ha variado en las últimas décadas. En esta sección se calcula la eficiencia promedio de riego en la fruticultura a nivel nacional para tres cortes temporales en un periodo cercanos a los veinte años.

A partir de los Catastros frutícolas de ODEPA-CIREN se obtiene la superficie plantada y el método de riego que presenta cada huerto frutícola superior a 0,5 hectáreas a nivel nacional. Al asignar a cada tecnología de riego las eficiencias de aplicación de aguas que se presentan en la Tabla 4. Eficiencia de aplicación del agua según el método de riego utilizado, se calcula para cada comuna y cada especie la eficiencia promedio ponderada según superficie de plantación. Con esta información, se calcula la eficiencia de riego para cada especie a nivel nacional para todos los periodos de los que se cuenta con información

durante los últimos 20 años. En el Anexo 5: Eficiencia de riego por especie se presentan los resultados calculados de todas las especies para los últimos 5 periodos. El Gráfico 1 muestra la evolución de los resultados obtenidos para las especies seleccionadas cada aproximadamente 10 años y el promedio nacional para los mismos periodos.

Durante los últimos 20 años, todas las especies en estudio presentaron mejoras en la eficiencia de riego. La especie que presenta mayor eficiencia es el arándano, con un valor de 77% en el período 1999-2004, el que aumenta a 89% en 2018-2020. Las especies que siguen al arándano en eficiencia son la uva de mesa y los limones, con valores de 66% y 65% en 1999-2004, y 85% y 83% hacia 2018-2020, respectivamente. La menor eficiencia de riego se observa en manzanas y kiwis, en que se observan eficiencias de riego de 48% y 50% en el período 1999-2004 y alcanzando valores de 62% para ambas frutas hacia 2018-2020.

Figura 3. Eficiencia de riego por especie y promedio nacional para los periodos 1999-2004, 2011-2014 y 2018-2020



En cuanto a mejoras en los últimos 20 años, la mayor evolución tecnológica a nivel de riego se observa en las paltas, las que hacia el período 1999-2004 presentaban una eficiencia de 52% y en 2018-2020 de 76%, mejorando 24 puntos porcentuales (pp). Similar a las paltas, las cerezas en 1999-2004 presentan una eficiencia de riego del 57% y hacia 2018-2020 de 76%, mejorando en 19pp. La fruta que presenta la menor mejora en eficiencia de riego es el kiwi, que entre 1999-2004 y 2018-2020 muestra un aumento en eficiencia de 13pp.

II.2 Demanda hídrica en packing

Esta sección presenta el indicador de litros de agua por kilo de fruta en packing. Para esto, se realizó una encuesta con información mensual para luego, implementando una metodología econométrica, poder distribuir el gasto en agua por kilogramo en las distintas especies bajo análisis.

II.2.1 Datos a incluir en el modelo

Se elabora y realiza una encuesta a empresas de packing que empaquen y preparen para exportación las frutas seleccionadas, de la cual se

reciben respuestas entre el lunes 31 de mayo y el lunes 16 de septiembre de 2021. Respondieron 15 empresas con operaciones entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos, las que en conjunto suman un total de 33 plantas y alcanzan una capacidad máxima de procesamiento anual de 1.116.502 toneladas de fruta. La Tabla 7 presenta un resumen de la información recopilada en la encuesta de packing.

La especie con más observaciones entre las distintas plantas de packing es el arándano, la que se encuentra en 15 de las plantas, seguida de la manzana en 14 plantas y la cereza y uva de mesa en 12 de ellas, cada una. Las que menos se observaron entre las distintas plantas son el kiwi, que se encuentra en 4 de las plantas y el limón, en 2 de ellas. La cantidad de limones procesados de los que se cuenta con información reportada en las encuestas representa un 65% del total de limones exportados. La representación de cantidades procesadas respecto a la exportadas en cerezas es del 31% y la de arándanos y paltas 22% y 20% respectivamente. En la uva de mesa, las 51.461 [ton] de fruta procesada entre las distintas plantas representa al 8% del total de exportaciones.

Tabla 7. Resumen información recopilada encuesta packing

Especie	Número Plantas	Cantidad Procesada ¹ [ton]	% de exportaciones ^{2,3}
Arándano	15	22.639	22%
Cereza	12	47.665	31%
Kiwi	4	19.378	11%
Limón	2	54.753	65%
Manzana	14	257.732	36%
Palta	5	28.631	20%
Uva de mesa	12	51.461	8%
Otras frutas	16	73.027	13%

¹ Suma de las cantidades reportadas de todas las plantas durante la temporada 2019-2020

² Porcentaje referencial, ya que 6 de las 33 plantas no reportan en detalle del destino de cada fruta

³ Respecto a la media de las exportaciones entre las temporadas 2015-2016 a 2019-2020 de la Tabla 1

II.2.2 Metodología

Ya que se cuenta con información mensual por planta, las variaciones tanto geográficas como de temporadas de las frutas en cuestión otorgan variabilidad suficiente para identificar el agua demandada en packing por especie. En palabras simples hay temporadas y locaciones donde el procesamiento de una especie de fruta será mucho más predominante que el resto y esto estará asociado a un cierto nivel de consumo de agua. La especificación econométrica utilizada con la finalidad de calcular el consumo de agua por kilogramo en packing para cada especie bajo análisis es presentada en la ecuación (5)

$$Agua_{jt} = \sum_{i=1}^{i=8} Fruta_{ijt} + \epsilon_{jt} \quad (6)$$

Donde

$Agua_{jt}$ Es el agua total utilizada en metros cúbicos por la planta j en el mes t ,

$Fruta_{ijt}$ Es la cantidad en toneladas de fruta i , procesada en la planta j en el mes t . Las frutas categorías de fruta i son 8: las 7 especies seleccionadas en el estudio, más una categoría definida como "otras frutas", la que representa la suma de las toneladas de las frutas restantes, procesadas en ese mes y plantas.

ϵ_{jt} Es el termino de error asociado a la regresión

Es relevante señalar que, puesto que la regresión no posee constante, los parámetros obtenidos representan el uso promedio asociado a cada tipo de fruta en particular.

II.2.3 Resultados

La Tabla 8 presenta los litros de agua utilizados por kilogramo de fruta procesada obtenidos luego de aplicar el modelo presentado en la ecuación 8.

La cereza es la fruta de mayor consumo de agua por kilogramo de fruta procesada en packing, utilizando 4 [l/kg] de fruta procesada, seguida de la manzana, el arándano y el kiwi con 2,5, 1,9 y 1,8 [l/kg] de fruta procesada respectivamente. Las que utilizan la menor cantidad de agua en su procesamiento en packing son el limón y la uva, con 0,9 y 0,5 [l/kg] de fruta procesada, respectivamente.

Tabla 8. Litros de agua utilizada por kilogramo de fruta procesada

Arándano	1,9
Cereza	4,0
Kiwi	1,8
Limón	0,9
Manzana	2,5
Palta	1,6
Uva de mesa	0,5
Otras frutas	2,4

La cereza es la fruta de mayor consumo de agua por kilogramo de fruta procesada en packing, utilizando 4 [l/kg] de fruta procesada, seguida de la manzana, el arándano y el kiwi con 2,5, 1,9 y 1,8 [l/kg] de fruta procesada respectivamente. Las que utilizan la menor cantidad de agua en su procesamiento en packing son el limón y la uva, con 0,9 y 0,5 [l/kg] de fruta procesada, respectivamente.

Tabla 9. Litros de agua utilizados por kilogramo de fruta a nivel nacional [l/kg]

	Huerto	Packing	Total
Arándano	472	1,9	474
Cereza	591	4,0	595
Kiwi	286	1,8	288
Limón	186	0,9	187
Manzana	180	2,5	183
Palta	805	1,6	806
Uva de mesa	254	0,5	255

II.3 Indicador de uso agua

Esta sección presenta el indicador final a nivel de uso de agua, sumando los indicadores de huerto y packing. La Tabla 9 presenta el consumo de agua para riego en huerto por kilogramo producido, en conjunto con el uso de agua por cantidad de fruta procesada en la etapa de packing.

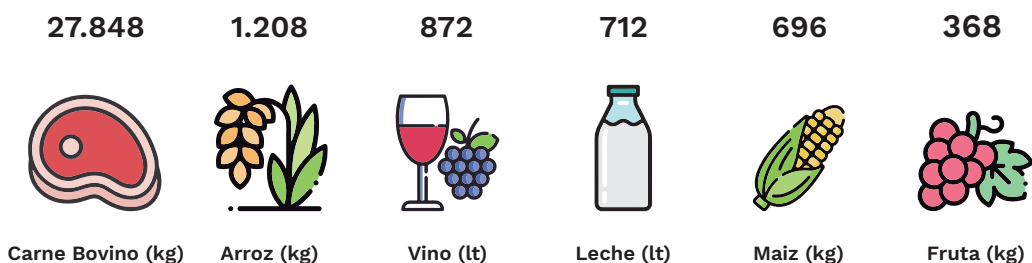
Al incorporar el uso de agua en packing por kilogramo de fruta procesada al agua utilizada para riego por especie, se observa que los valores del indicador no cambian significativamente. En ninguna especie, el agua utilizada en packing por kilogramo de fruta supera el 1% del total de agua utilizada para la producción y procesado de cada una de ellas. Con esto, la palta se mantiene como la especie que más

agua consume por kilogramo de fruta, así como la manzana continúa siendo la de menor valor de este indicador.

II.4 La fruta en relación a otros alimentos

Los resultados anteriores corresponden a una estimación preliminar de la huella hídrica de la fruticultura chilena, la que alcanzaría los 348 lt/kg. Sin embargo, para entender este valor en detalle, es necesario contextualizarlo respecto de la huella hídrica de otros alimentos. Así, utilizando como base un estudio realizado por INIA en 2013 para distintos alimentos producidos en Chile, y la información proporcionada por el Waterfootprint Network para el caso del vino, el comparativo de la huella correspondería al que se observa en la figura 4.

Figura 4. Huella hídrica de distintos alimentos producidos en Chile



Fuente: (1) Fruta. Elaboración propia, promedio ponderado por toneladas exportadas. (2) Carne y leche (Los Lagos); Arroz (Maule); Maíz de grano (O'higgins); Remolacha (Biobío), INIA (2013). (3) Vino. Waterfootprint network, corresponde a huella promedio mundial.

III Emisiones de CO₂ de la fruticultura

En esta sección se cuantifica el uso de insumos (combustibles fósiles y electricidad) y materiales (plásticos, madera y cartón), y el transporte (interno y exportación) de cada fruta, para obtener las emisiones de CO₂ proveniente de cada una de estas fuentes. Se reportan valores representativos a nivel nacional, calculado como el promedio ponderado según superficie plantada de cada especie.

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación, en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad de estos gases es la que produce el efecto invernadero, fenómeno por el que parte de la energía calorífica emitida por la corteza terrestre es retenida y reflejada por estos gases, impidiendo que se produzca un enfriamiento progresivo de la Tierra. En la atmósfera terrestre, los principales GEI son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃).

Los factores de emisión tienen unidades de medida en CO₂ equivalente, lo que incorpora las emisiones de CO₂, y la conversión de CH₄ y N₂O a su valor equivalente de CO₂, multiplicando la masa de estos gases por su potencial de calentamiento global (UE-CO₂calculadora, 2021). Para el cálculo de emisiones de fertilizantes y pesticidas se utiliza la misma metodología, calculando las emisiones en el software openLCA (GreenDelta, 2021) y utilizando como input la información reportada en las fichas de costos de ODEPA.

Las emisiones de CO₂ son relevantes en todas las etapas del proceso productivo: (i) Huerto, (ii) Packing y (ii) Transporte (interno e internacional). Con la finalidad de simplificar la lectura, esta sección está compuesta de cuatro subsecciones. Las tres primeras dicen relación con cada una de las tres etapas del proceso productivo frutícola (huerto, packing y

transporte). A la vez, cada una de estas tres subsecciones presentará, fuentes de datos, metodología relevante y el cálculo de emisiones de cada etapa bajo análisis. Finalmente, la cuarta sección presenta los resultados de emisiones por kilogramo de fruta.

III. 1 Emisiones a nivel de huerto

III.1.1 Datos

Las emisiones de huerto se obtienen principalmente de dos fuentes de datos: los resultados de una encuesta realizada a productores frutícolas y las fichas de costos de plantaciones frutícolas publicadas por ODEPA.

Encuesta a productores

La Tabla 10 presenta el número de observaciones registrado en las respuestas de la encuesta realizada a productores frutícolas, en conjunto

con la representación respecto a las cantidades exportadas y a la superficie de plantación.

Luego de la revisión de información y tratamiento de datos, en la encuesta de productores se registran 118 respuestas con información sobre litros de diésel utilizados y 120 de consumo de energía eléctrica durante el año agrícola 2019-2020. La cereza y la uva de mesa son las frutas que tienen mayor número de observaciones, 28 y 26 respectivamente, mientras que en paltas solo hay 2 registros y en limones no se reportan respuestas. En relación a las exportaciones, la producción reportada de arándanos representa un 10% de las exportaciones, seguida de la uva de mesa con un 9% de representatividad. La palta es la fruta con menor porcentaje de representatividad con un 1%.

Tabla 10. Resumen información recopilada de encuesta productores

Especie	Obs.diésel	Obs. electricidad	Producción reportada [ton]	% de exportaciones ¹	Superficie productiva [ha]	% de superficie ²
Arándano	20	21	10.483	10%	1.056	6%
Cereza	28	28	11.104	7%	1.014	3%
Kiwi	11	12	9.346	5%	345	4%
Limón	0	0	-	-	-	-
Manzana	10	9	40.377	6%	974	3%
Palta	2	2	1.946	1%	440	1%
Uva de mesa	26	26	60.615	9%	2.101	5%
Otras frutas	21	22	34.359	6%	1.068	2%

¹ Respecto a la media de las exportaciones entre las temporadas 2015-2016 a 2019-2020 de la Tabla 1

² Respecto a Catastros frutícolas ODEPA-CIREN para el período 2018-2020 de la Tabla 1

Fichas de costo

Las emisiones de CO2 relacionadas a la aplicación de fertilizantes y pesticidas se estiman a partir de las Fichas Técnico-Económicas publicadas por ODEPA, las que entregan información anual para una hectárea de diferentes especies de fruta. Las regiones que selecciona ODEPA para realizar las fichas de costos siguen el criterio de ser representativas de las mayores producciones de cada especie en el país. Se analizan 19 fichas de costos, seleccionando las que cuentan con la información más actualizada. Los resultados se agrupan en cuatro grupos: fertilizantes, fungicidas, herbicidas e insecticidas, este último incorpora también los acaricidas y bactericidas. Se calcula el total emisiones generadas de cada grupo, para luego sumarlas y dividir las por el total de producción de fruta.

III.1.2 Metodología

A partir de la información recopilada, se calculan las emisiones asociadas a la etapa de cultivo en huerto de cada especie de fruta bajo análisis. En electricidad y diésel se utilizan los promedios ponderados por cantidad cosechada de litros de diésel y kWh por kilogramo de fruta reportados en la encuesta. Estos valores se multiplican por los factores de emisión (Tabla 11) para calcular la emisión promedio por kilogramo, relacionada a estos dos insumos en la etapa de cultivo en huerto.

Respecto a las emisiones de fertilizantes y fungicidas, la información de las fichas de costo (rendimiento por hectárea y las cantidades de fertilizantes, fungicidas,

insecticidas, acaricidas, bactericidas y herbicidas), se utilizan como información de entrada para estimar el CO2 equivalente. Utilizando el software openLCA versión 1.10.3 (GreenDelta, 2021), que utiliza la base de datos Agribalyse v 3.01 (ADEME, 2020), se estiman las emisiones de gases de efecto invernadero según el método de evaluación de impacto International Reference Life Cycle Data System (ILCD) publicado por el Joint Research Centre de la comisión europea (EC-JRC, 2011). El CO2 equivalente considera las emisiones de CO2 y los GEI distintos al dióxido de carbono, que son convertidos a su valor equivalente de CO2, multiplicando la masa de dichos gases por su potencial de calentamiento global (UE-CO2calculadora, 2021).

Tabla 11. Factores de emisión de los distintos insumos en huerto

Ítem	Unidad	FE	Fuente
Electricidad	kg CO2eq/ kWh	0,42	(MinEnergía, 2018)
Diesel	kg CO2/litro	2,68	(Greenhouse Gas Protocol, 2017)
Fertilizantes y pesticidas*	-	-	Agribalyse v 3.01 (ADEME, 2020)

Nota: Para fertilizantes y pesticidas no se especifica unidad ni FE ya que esta categoría comprende una amplia gama de productos.

III.1.3 Resultados de emisiones en huerto

La Tabla 12 presenta los resultados obtenidos para el cálculo de emisiones de CO2 equivalente por kilogramo de producción en huerto, estimando para cada especie las emisiones por uso de diesel, consumo de electricidad y aplicación de fertilizantes y pesticidas.



Tabla 12. Emisiones de CO2 equivalente de insumos en huerto por kilogramo de producción reportado [kg CO2eq/kg]

Especie	Diésel	Electricidad	Fert. y Pest.	Total
Arándano	0,053	0,087	0,306	0,446
Cereza	0,097	0,120	0,320	0,537
Kiwi	0,024	0,040	0,057	0,121
Limón	-	-	0,061	-
Manzana	0,013	0,031	0,016	0,060
Palta	-	-	0,016	-
Uva de mesa	0,040	0,117	0,124	0,281

Como se mencionaba, al no obtener respuestas en la encuesta de productores para limones, no se logra calcular las emisiones relacionadas al uso de diésel o consumo de electricidad. En el caso de las paltas, la representación luego del tratamiento de datos es menor al 1% respecto a las exportaciones, por lo que se decide excluirla de las estimaciones en este estudio.

Se observa que la cereza es la fruta de mayores emisiones por kilogramo de producción en huerto, alcanzando 0,537 [kg CO2eq/kg] de producción, seguida del arándano con 0,446 [kg CO2eq/kg]. Exceptuando a la manzana, la componente de mayor relevancia en cuanto a emisiones de CO2 es la aplicación de fertilizantes, quien representa como mínimo un 45% de las emisiones (uva de mesa). El consumo de energía eléctrica es el segundo más relevante en la generación de emisiones.

III.2 Emisiones en packing

III.2.1 Datos

Las emisiones de huerto se obtienen principalmente de dos fuentes de

datos: los resultados de una encuesta realizada a productores frutícolas y las fichas de costos de plantaciones frutícolas publicadas por ODEPA.

III.2.2 Metodología

Para obtener las estimaciones de emisiones de carbono por fruta en packing, se aplica una metodología en dos etapas: (i) asignar las cantidades⁽⁶⁾ relevantes de insumos y materiales utilizados por kilo de fruta entre las distintas especies; (ii) transformar estas cantidades en emisiones utilizando distintos factores de conversión.

(i) Asignación de cantidades unitarias entre especies

Como se mencionó anteriormente, ya que se cuenta con información mensual por planta, las variaciones tanto geográficas como de temporadas de las frutas en cuestión otorgan variabilidad suficiente para identificar las cantidades de insumos/materiales en packing por especie. En palabras simples, hay temporadas y locaciones donde el procesamiento de una especie de fruta será mucho más predominante que el resto y esto estará asociado a un cierto nivel de demanda de insumo/materiales. La especificación econométrica utilizada con la finalidad de calcular la demanda de cada insumo material por kilo en packing para cada especie bajo análisis es presentada en la ecuación 6.

$$Insumo_{kjt} = \sum_{i=1}^8 Fruta_{ijt} + \epsilon_{jt} \quad (6)$$

Donde

$Insumo_{kjt}$: Es total unidades (kg, kWh, etc.) del insumo/material "k" (cartón, madera,

electricidad, etc.) utilizado por la planta j en el mes t .

$Fruta_{jt}$: Es la cantidad en toneladas de fruta i , procesada en la planta j en el mes t . Las categorías de fruta "i" son 8: las 7 especies antes descritas más una categoría definida como otras frutas, la que representa la suma de las toneladas de todas las frutas (no pertenecientes a las 7 especies) procesadas en ese mes y plantas.

ϵ_{jt} : Es el termino de error asociado a la regresión.

Es relevante señalar que puesto que la regresión no posee constante los parámetros obtenidos representan el uso promedio por kilogramo asociado a cada tipo de fruta en particular. En el Anexo 6: Insumos y materiales, se presenta el detalle de las distintas cantidades de insumos y materiales utilizados en packing por cantidad

Tabla 13. Factores de emisión de los distintos insumos y materiales

Ítem	Unidad	FE	Fuente
Electricidad	kg CO ₂ eq/kWh	0,42	(MinEnergía, 2018)
Diesel	kg CO ₂ eq/litro	2,68	(Greenhouse Gas Protocol, 2017)
Gas licuado	kg CO ₂ eq/litro	2,68	(Greenhouse Gas Protocol, 2017)
Envases Plásticos	kg CO ₂ eq/kg	2,13	(ASIPLA, 2010)
Bins	kg CO ₂ eq/kg	1,92	(ELCD, 2015)
Bolsas plásticas	kg CO ₂ eq/kg	2,66	(ASIPLA, 2010)
Film	kg CO ₂ eq/kg	2,81	(ASIPLA, 2010)
Madera	kg CO ₂ eq/kg	1,75	(Greenhouse Gas Protocol, 2017)
Cartón corrugado	kg CO ₂ eq/kg	1,01	(Estay & Ovalle, 2017)

procesada de cada una de las frutas.

ii) Conversión de cantidades unitarias en emisiones por kilogramo por especie

Respecto al segundo componente de la metodología, para calcular las emisiones de CO₂, se calcula el producto entre las cantidades de insumos y materiales utilizados, por kilogramo de fruta procesada, y un factor de emisiones de CO₂ según el tipo de material. La Tabla 13 muestra los factores utilizados y la fuente de dichos valores.

III.2.3 Resultados

La Tabla 14 muestra las emisiones calculadas por kilogramo de fruta procesada. Según las estimaciones realizadas, a partir de la información recopilada en la encuesta de packing, el arándano es la fruta que genera la mayor cantidad de emisiones de CO₂ por kilogramo de fruta, con un valor de 0,601 [kg CO₂eq/kg]. Con valores menores que la mitad de dichas emisiones lo siguen el kiwi y la uva de mesa, que alcanzan magnitudes de 0,289 y 0,250 [kg CO₂eq/kg] respectivamente. El limón es la especie que genera la menor cantidad de emisiones de CO₂, con un valor de 0,075 [kg CO₂eq/kg], un orden de magnitud más bajo que las otras especies analizadas.

Tabla 14. Emisiones de CO₂ de insumos y materiales por kilogramo de fruta procesada a nivel nacional [kg CO₂eq/kg]

Especie	Insumos						Materiales						Total
	Electri- cidad	Diesel	Gas licuado	Envases plásticos	Bins	Bolsas	Film	Otros plásticos	Pallets	Cajas madera	Cartón		
Arándano	0,089	0,001	0,008	0,159	0,019	0,005	0,0010	0,0049	0,222	0,009	0,083	0,601	
Cereza	0,076	0,003	0,004	0,021	0,007	0,002	0,0002	0,0024	0,075	0,004	0,036	0,232	
Kiwi	0,037	0,005	0,003	0,067	0,008	0,002	0,0006	0,0021	0,120	0,004	0,039	0,289	
Limón	0,004	0,004	0,009	0,013	0,002	0,001	0,0002	0,0005	0,019	0,002	0,020	0,075	
Manzana	0,063	0,006	0,011	0,043	0,005	0,001	0,0001	0,0014	0,065	0,002	0,024	0,223	
Palta	0,033	0,004	0,006	0,060	0,007	0,002	0,0006	0,0021	0,071	0,004	0,030	0,219	
Uva de mesa	0,043	0,002	0,002	0,053	0,007	0,002	0,0005	0,0017	0,103	0,003	0,033	0,250	
Otras frutas	0,072	0,002	0,008	0,050	0,010	0,002	0,0003	0,0023	0,073	0,004	0,041	0,265	

En relación a las componentes que generan estas emisiones, se observa de manera generalizada que la componente que más CO₂ emite por kilogramo de fruta procesada son los pallets de madera, que en promedio representa a más del 30% de las emisiones en la etapa de packing. El siguiente material relevante en emisiones de carbono corresponde a los envases plásticos, cuyas emisiones son las más importantes dentro de los plásticos y contribuyen en promedio en un 20% a la generación de CO₂. Por su parte, el cartón es otro material de significativa relevancia en cuanto a generación de CO₂, alcanzando un promedio del total de emisiones para cada fruta del 15%.

En la generación de energía para el packing, se tiene que la energía eléctrica es la principal fuente de energía para llevar a cabo tanto la refrigeración de la fruta como el proceso propiamente tal, lo que se refleja en la contribución de un 20% en promedio del total de emisiones de CO₂ por fruta. Si se analiza comparativamente la electricidad respecto al uso de diésel y gas, se tiene que, de los insumos, la energía eléctrica contribuye en promedio en un 78% de las emisiones por fuentes de energía, muy por sobre el 14% del gas licuado o el 8% del diésel.

III.3 Emisiones de CO₂ por transporte de frutas

III.3.1 Metodología

Las emisiones totales de carbono generadas por el transporte de la producción frutícola, se calcula como la distancia total recorrida de cada envío de fruta exportada, multiplicado por las emisiones de CO₂ según el medio de transporte utilizado. Esto es (ecuación 7):

$$emisiones_i = tons_i \cdot distancia_i \cdot factor(medio\ de\ transporte)_i \quad (7)$$

Donde las emisiones de cada envío i es calculado como la multiplicación entre las toneladas enviadas ($tons_i$), por la distancia recorrida ($distancia_i$) y el factor de conversión, que depende del medio de transporte utilizado ($factor(medio\ de\ transporte)_i$).

La huella de carbono por kilogramo transportado se calcula como la sumatoria de las emisiones totales, dividido por la sumatoria de la cantidad transportada para cada especie, considerando el transporte interno (entre lugar de producción y puerto de embarque) y el transporte externo (entre el puerto de embarque y el puerto de destino).

III.3.2 Datos

Para estimar la huella de carbono asociada al transporte de la producción frutícola, primero se calcula la distancia total recorrida de cada envío de fruta exportada según el medio de transporte utilizado. Los datos de exportaciones provienen de ASOEX e incluyen la información de todos los envíos de fruta fresca entre las temporadas 2017-2018 a 2019-2020. Cada envío cuenta con un recorrido interno (desde la región donde se produjo la fruta hasta el puerto de embarque) y un recorrido externo (desde el puerto de embarque al puerto en el país de destino). Para realizar las estimaciones, se utilizan datos de volúmenes de exportación según región de origen de la fruta producida, puerto de embarque de la exportación, puerto de destino y medio de transporte utilizado. Dado que los recorridos efectivos (y por consiguiente las distancias recorridas) varían según el medio de transporte utilizado, éstos se clasifican en transportes marítimos, aéreos y terrestres.

Para el transporte marítimo las distancias se estiman como la ruta marítima más corta entre los puertos principales de Chile y de cada país de destino (Valparaíso en el caso de Chile), las que se obtienen de la CERDI-Seadistance database (Bertoli, Goujon, & Santoni, 2016). Para el transporte aéreo, las distancias se estiman como el promedio de las distancias lineales entre el aeropuerto de Santiago y los aeropuertos de cada ciudad de destino, para lo cual se utiliza el paquete de R “airportr” (Shkolnik, 2019), el que permite identificar aeropuertos de ciudades de destino y el cálculo de las distancias recorridas. Cuando se cuenta con información solo del país de destino, se asume que los envíos son realizados a la capital correspondiente. Para el transporte terrestre se estiman las distancias en vehículo entre los puertos de embarque y los puertos de destino a partir de GoogleMaps, utilizando el paquete de R “gmapsdistance” (Azüero, Rodríguez, & Zarruk, 2018).

Para el caso del transporte interno (desde región de origen a puerto de embarque) no se cuenta con información del medio de transporte, por lo que se asume que todos los recorridos son por vía terrestre, a excepción de trayectos específicos entre regiones muy distantes². Dado que solo se cuenta con información de la región de origen, y no la ubicación

específica, la distancia se estima como el promedio ponderado de las distancias entre el punto central de las comunas de cada región de origen y el puerto de embarque. El promedio se pondera por la participación en la producción total (en toneladas) de cada especie frutícola por comuna en su respectiva región.

Por último, se imputa el tipo de vehículo utilizado por medio de transporte según tipo de trayecto, y así se obtiene el factor de conversión de CO₂ correspondiente. Para esto, se utilizan las estimaciones recopiladas según el estándar global establecido por el protocolo de GHG (Greenhouse Gas Protocol, 2017) (ver Tabla 15).

III.3.3 Resultados

El Gráfico 2 presenta las toneladas de CO₂ emitidas por el transporte y exportación de las distintas especies según el medio de transporte utilizado. El Gráfico 3 muestra las cantidades exportadas por especie y según el medio de transporte utilizado. Los cálculos realizados según la metodología señalada se presentan en el Anexo 7: Emisiones de CO₂ por especie y medio de transporte.

Se observa que las mayores emisiones de CO₂ por concepto de transporte corresponden a manzanas, uvas y cerezas, y las menores emisiones a

Tabla 15. Emisiones de CO₂ según vehículo y tamaño

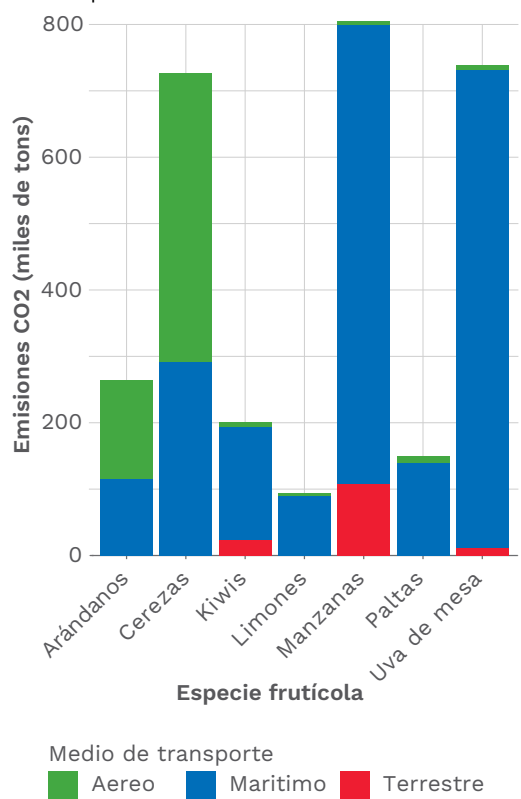
Trayecto	Vehículo y tamaño	kg CO ₂ eq / (Toneladas x Kilómetro)
Transporte aéreo internacional	Air – Long Haul	1,96
Transporte aéreo interno	Air – Domestic	0,61
Transporte marítimo internacional	Watercraft – Shipping – Large Container Vessel (20000 tonnes deadweight)	0,03
Transporte terrestre internacional	Road Vehicle – HGV – Type Unknown	0,17
Transporte terrestre interno	Road Vehicle – Light Goods Vehicle – Fuel Unknown	0,17

Fuente: Elaboración propia en base a estimaciones de GHG (Greenhouse Gas Protocol, 2017)

² Los envíos internos de más de 1.000 kilómetros de distancias y con puerto de embarque el Aeropuerto de Santiago son considerados envíos aéreos. Esto corresponde al 0,1% de los envíos totales. Todos los demás se asumen trayectos internos terrestres.

limones. Si se comparan las emisiones del Gráfico 2 con las cantidades exportadas en el Gráfico 3, se tiene que para manzanas y uvas existe una relación directa entre la cantidad exportada y el CO₂ emitido. Para los arándanos y cerezas, la relación es distinta. El estándar global establecido por el protocolo GHG, presente en la Tabla 15, señala que las emisiones de CO₂ por transporte terrestre son un orden de magnitud mayores que las emitidas por el transporte marítimo, y a la vez, las emisiones por transporte aéreo son dos órdenes de magnitud mayores. Esto se refleja sobresalientemente en cerezas y también en arándanos, donde el 7% (43.207 toneladas) de las exportaciones de cerezas transportadas por vía aérea generan el 60% de las emisiones de CO₂, y para arándanos el 7% (22.718

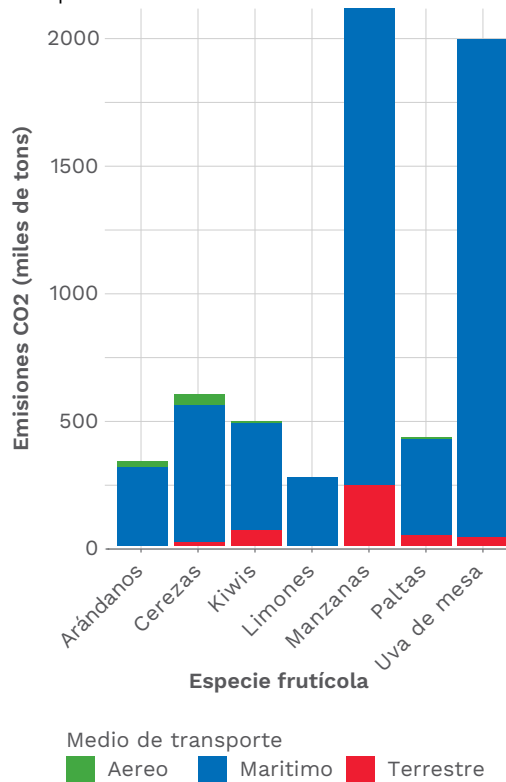
Gráfico 2. Emisiones de CO₂ por especie y medio de transporte



toneladas) genera el 57% del total de emisiones de CO₂.

Con estos resultados, se estima el indicador de emisiones de CO₂ por fruta exportada, calculando el cociente entre el total de emisiones por especie

Gráfico 3. Exportaciones por especie y medio de transporte



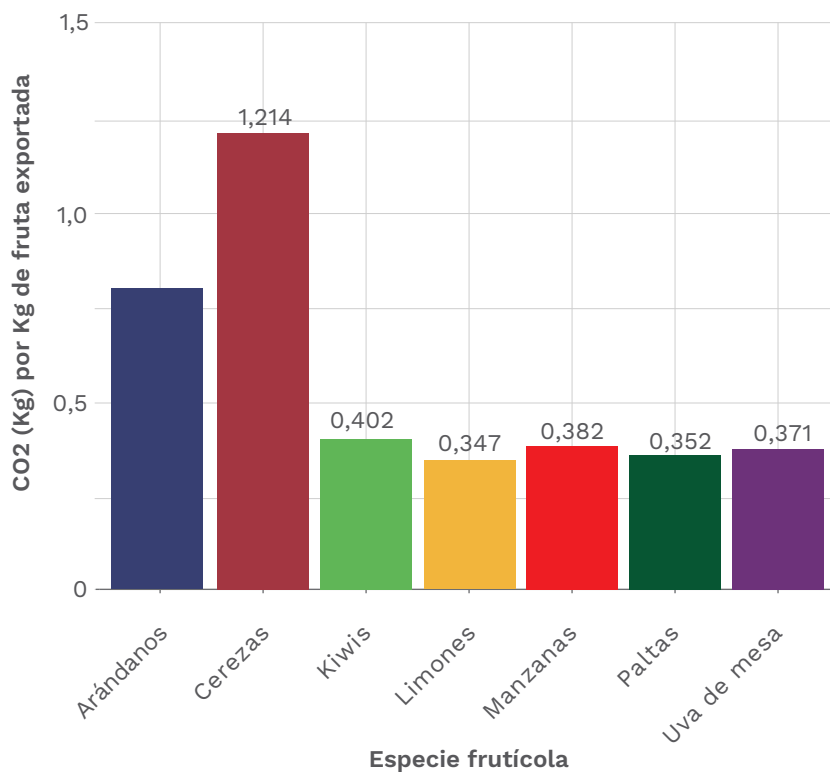
y el total de producción exportada según cada medio de transporte. Luego, ponderando los indicadores calculados para cada especie según medio de transporte y producción, se obtienen los resultados nacionales de emisiones de CO₂ por producción de las distintas frutas en el país. La Tabla 16 muestra los resultados nacionales obtenidos y el Gráfico 4 una representación de estos indicadores.

Se observa que la cereza es la especie que genera mayores emisiones de CO₂ por kilogramo de fruta exportada, con un indicador de 1,2 [kg CO₂/kg] de

Tabla 16. Kilogramos de CO2 emitidos por kilogramo de producción de fruta a nivel nacional

Especie	Indicador [kg CO2eq/kg]	Emisión CO2eq [ton]	Exportación [ton]
Arándanos	0,796	263.092	330.534
Cerezas	1,214	722.154	594.918
Kiwis	0,402	195.281	485.475
Limonos	0,347	92.028	265.441
Manzanas	0,382	805.534	2.107.579
Paltas	0,352	148.553	421.780
Uva de mesa	0,371	738.670	1.989.475

Gráfico 4. Kilogramos de CO2 emitidos por kilogramos de producción nacional de distintas especies



fruta exportada, seguida del arándano, con un indicador de 0,8 [kg CO2/kg] de fruta exportada. El resto de frutas analizadas en este estudio generan menos emisiones por conceptos de transporte, cuyos valores van entre los 0,40 [kg CO2/kg] de fruta exportada para los kiwis y los 0,35 [kg CO2/kg] para paltas, la fruta de menores emisiones.

III.4 Indicador de emisiones de CO2

Estimadas las emisiones en las distintas fuentes de emisión de GEI, tanto en el campo como en packing y transporte, se elabora un inventario de emisiones de dióxido de carbono para cada una de las especies. La Tabla 17

presenta la contribución de emisiones de cada componente estudiada y las emisiones en el campo y en packing, junto con las emisiones por transporte y el total nacional, que define el indicador de cada fruta.

Los valores más elevados de emisiones de CO₂ totales por kilogramo de fruta se observan en la cereza y el arándano, con emisiones que alcanzan los 1,98 y 1,84 [kg CO₂eq/kg] de fruta respectivamente. Con menos de la mitad de estas emisiones, los siguen la uva y el kiwi con magnitudes de 0,82 y 0,81 [kg CO₂eq/kg] y la manzana con 0,67 [kg CO₂eq/kg] de fruta. Se observa en la Tabla 17 que los resultados obtenidos para limones y palta son preliminares, ya que en limones no se obtuvo respuestas en la encuesta de productores y en paltas la participación fue muy acotada, lo que no permitió realizar estimaciones representativas luego del análisis de la información y el tratamiento de datos.

En todas las frutas se observa que el transporte es la principal fuente de emisiones de CO₂, contribuyendo como mínimo con un 43%, que se

observa en arándanos, y siendo excepcionalmente significativo en cerezas, superando el 60% del total de emisiones. Las emisiones en el proceso de packing representan en casi todas las frutas, exceptuando las cerezas, a la segunda fuente de emisiones de CO₂, con valores entre el 30% y 36%, principalmente atribuidos a la madera de pallets y envases plásticos de empaque de productos. En las cerezas, en cambio, se observa un alto porcentaje de emisiones en el campo, por sobre las emisiones en packing, lo que está relacionado directamente a las emisiones generadas por el uso de fertilizantes y pesticidas, quienes son de manera generalizada la principal fuente de emisión de CO₂ respecto a las emisiones generadas por uso de combustibles o energía eléctrica en las labores de campo.

III.5 La fruta en relación a otros alimentos

Según datos de ODEPA, en 2020, las emisiones del sector agropecuario representaron un 7% del balance de GEI, alcanzando emisiones por 11.238 kt CO₂ eq. Por tipo de GEI, el sector es responsable del 0.5% de las emisiones

Tabla 17. Emisiones de dióxido de carbono [kg CO₂eq/kg] y % de contribución de emisiones de las distintas especies estudiadas

		Arándano	%	Cereza	%	Kiwi	%	Limón*	%	Manzana	%	Palta*	%	Uva	%
CAMPO	Combustibles	0,053	3	0,097	5	0,024	3			0,013	2			0,040	5
	Fertilizantes y pesticidas	0,306	17	0,320	16	0,057	7	0,021		0,016	2	0,124		0,061	7
	Energía eléctrica	0,087	5	0,120	6	0,040	5			0,031	5			0,093	11
	Total	0,446	24	0,537	27	0,121	15	-	-	0,060	9	-	-	0,194	24
PACKING	Energía eléctrica	0,089	5	0,076	4	0,037	5	0,004		0,063	10	0,033		0,043	5
	Diesel	0,001	0,1	0,003	0,2	0,005	1	0,004		0,006	1	0,004		0,002	0,3
	Gas licuado	0,008	0,4	0,004	0,2	0,003	0,4	0,009		0,011	2	0,006		0,002	0,2
	Cartón	0,083	4	0,036	2	0,039	5	0,020		0,024	4	0,030		0,033	4
	Madera ¹	0,231	13	0,079	4	0,124	15	0,021		0,067	10	0,074		0,106	13
	Plásticos ²	0,189	10	0,033	2	0,080	10	0,016		0,052	8	0,072		0,064	8
	Total	0,601	33	0,232	12	0,289	36	0,075	-	0,223	34	0,219	-	0,250	31
Transporte ³	0,796	43	1,214	61	0,402	50	0,347	-	0,382	57	0,352	-	0,371	46	
Total	1,843	100	1,983	100	0,812	100	-	-	0,665	100	-	-	0,815	100	

¹ Pallets y cajas de madera

² Envases plásticos, bins, film y bolsas

³ Transporte interno y exportación

* Resultados preliminares por falta de información

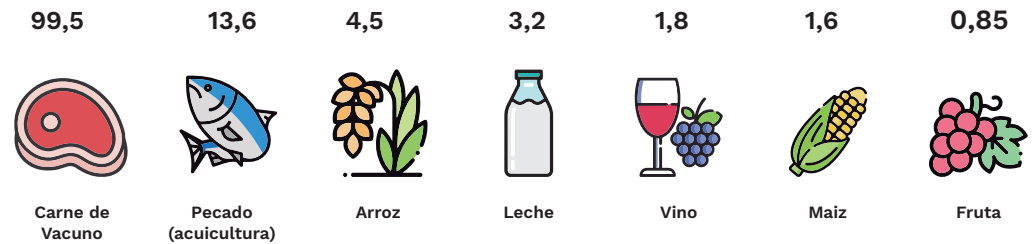
totales de CO₂, 40% de las emisiones de CH₄ y 77% de las emisiones de N₂O.

Según los mismos datos de ODEPA³, Las principales fuentes de emisión de GEI del sector son la fermentación entérica del ganado y la categoría de uso de suelos agrícolas, representando un 39% y 40% del total del sector respectivamente. Esta última categoría incluye emisiones directas e indirectas de N₂O generadas desde la superficie de los suelos producto de procesos microbianos asociados a la aplicación de nitrógeno en forma de fertilizante sintético y orgánico; orina y de estiércol depositado por animales en pastoreo; residuos de cultivos; mineralización/inmovilización de nitrógeno vinculada a la ganancia/

pérdida de materia orgánica del suelo resultante del cambio del uso de la tierra o de la gestión de suelos minerales; y el drenaje/gestión de suelos orgánicos. La figura 5 muestra un comparativo simplificado de las emisiones de CO₂ de distintos alimentos producidos en Chile.

A diferencia de lo que ocurre en otros sectores productivos y a nivel nacional, el CO₂ no es el principal GEI del sector agropecuario (solo representa el 4% del total de emisiones del sector). Esta importancia relativa de los distintos gases da cuenta de las principales fuentes de generación de las emisiones, donde el sector pecuario y el uso de fertilizantes serían las principales categorías.

Figura 5. Huella de carbono de distintos alimentos producidos en Chile



Nota: Fuente para todos los productos, menos fruta, Poore & Nemecek (2018). Considera ciclo completo de producción hasta venta en retail. Fuente para Fruta, estimaciones propias considerando promedio ponderado de emisiones (por tonelada exportada). Fruta no considera emisiones desde puerto de destino hasta consumidor final

³ Plan Sectorial de Mitigación al Cambio Climático Sector Agricultura.

Referencias de la Primera Parte

- Acaña, D., & Verastegui, M. (2013). Guía de Indicadores de Sustentabilidad en la Industria de Alimentos Procesados. Segundo Acuerdo de Producción Limpia Chilealimentos. Mayo, 2013. Departamento de Economía Agraria. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ADEME. (2020). Agribalyse v3.0.1. [base de datos]. Agence de la transition écologique. République Française. <https://nexus.openlca.org/database/Agribalyse>.
- Antúnez, A., & Felmer, S. (2009). Boletín del Nodo de Riego en el Secano, Región de O'Higgins. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. En Boletín INIA No 190 (pág. 120). Litueche, Chile.
- ASIPLA. (2010). Análisis del Impacto de los Gases de Efecto Invernadero en el Ciclo de Vida de los Embalajes y otros Productos Plásticos en Chile V1.0. Asociación Gremial de Industriales del Plástico de Chile. Informe preparado por Carbon Reduction Institute Australia y Green Solutions Chile.
- Azuero, R., Rodríguez, D., & Zarruk, D. (2018). gmapsdistance: Distance and Travel Time Between Two Points from Google Maps. Obtenido de <https://cran.r-project.org/package=gmapsdistance>
- Bertoli, S., Goujon, M., & Santoni, O. (2016). The CERDI-seadistance database. Obtenido de halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01288748
- Bravo, J. (2011). Mercado de la manzana. Publicación de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias - ODEPA. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
- Brouwer, C., & Heibloem, Y. (1986). Irrigation water needs: Irrigation Water Management. Training Manual No 3, FAO. Rome, 62 pp.
- Carvajal, M., Mota, C., Alcaraz, C., Iglesias, M., & Martínez, M. (2010). Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la región de Murcia. Departamento de Nutrición Vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia, España.
- CIREN. (1988). Manual del cultivo del kiwi. Publicación CIREN Nº 73, Diciembre, 1988.
- CIREN-INIA. (2016). Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío.
- EC-JRC. (2011). The International Reference Life Cycle Data System Handbook. Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. European Commission. Joint Research Centre. Institute for Environment and Sustainability. First edition November 2011. EUR 24571 EN. Publication Office of the European Union, Luxemburg.
- ELCD. (2015). European reference Life Cycle Database V3.2. [base de datos]. Joint Research Centre European Commission.
- Escenarios Hídricos 2030. (2018). Radiografía del agua. Brecha y Riesgo hídrico en Chile. Santiago, Chile: Fundación Chile. ISBN 978-956-8200-42-8.
- Espada, J. (2013). Los arboles frutales como sumidero de CO₂ desempeñan un importante servicio ambiental. Revista Informaciones Técnicas, Nº 248, 1-12.
- Estay, T., & Ovalle, X. (2017). Desarrollo de factores de emisión específicos para el programa HuellaChile. Departamento de Cambio Climático. Ministerio del Medio Ambiente, Chile.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio Riego y Drenaje Nº 56.
- Ferreyra, R., & Sellés, G. (2013). Manual de riego para frutales: uso eficiente del agua de riego y estrategias para enfrentar períodos de escasez. 319 p. Boletín INIA Nº 278. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centros Regionales de Investigación La Platina y La Cruz. Santiago, Chile.
- FIA. (2010). Manual de producción del kiwi chileno. Comisión de Producción del Comité del kiwi. Febrero, 2010.
- FIA. (2015). Estudio de la cobertura actual y futura de la Red Agroclimática Nacional. Serie Estudios para la Innovación FIA.
- Gil, G. (2017). Fruticultura. La producción de fruta. Frutas de clima templado y subtropical. Santiago, Chile.: Ediciones UC.
- Grau, P. (2007). Cultivo del Cerezo en el Secano Interior de la Región del Bío-Bío. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile: Boletín INIA Nº 163, 176 pp.
- GreenDelta. (2021). openLCA Software System and Databases for Life Cycle Assessment. Berlin, Germany: <http://openlca.org>.
- Greenhouse Gas Protocol. (Marzo de 2017). Emission Factors from Cross-Sector Tools. Obtenido de <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>
- Hurrell, J. W., Deser, C., & Phillips, A. (2013). Climate Predictions and Projections in the Coming Decades: Uncertainty due to Natural Variability. In AGU Fall Meeting Abstracts. Vol. 2013, pp. GC21F-04.
- IDEAM. (2007). Información Técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia .
- IEP. (2020). Institute for Economics & Peace. Ecological Threat Register 2020: Understanding Ecological Threats, Resilience and Peace. Sydney, September 2020: Available from: <http://visionofhumanity.org/reports>.
- Iglesias, D. J., Quiñones, A., Martínez, B., Legaz, F., Forner, M., & Primo, E. (2011). La huella de carbono de las plantaciones de cítricos. El Levante Agrícola, 3er trimestre 2011, pp 204-215.
- INDAP. (2005). Producción y Mercado del Arándano.
- INIA. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA Nº 06. ISSN 0717-4829.
- INIA-INDAP_a. (2017). Manual del cultivo del palto. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Nº 13. ISSN 0717-4829. Santiago, Chile.
- INIA-INDAP_b. (2017). Manual del cultivo de uva de mesa. Convenio INIA-INDAP. Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Nº 18. ISSN 0717-4829. Santiago, Chile.

- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Parini, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield and O. Yelekçi]. Cambridge University Press. In Press.
- Lemus, G. (2005). El Cultivo del Cerezo. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias: Boletín INIA N° 133. 256 pp.
- McLaren, S., Hume, A., Barber, A., Clothier, B., Deurer, M., East, A., . . . Sinclair, R. (2009). Carbon Footprinting the Apple Supply Chain.
- MinEnergía. (2018). Indicadores Ambientales. Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional. Obtenido de Ministerio de Energía, Chile: <https://energia.gob.cl/indicadores-ambientales-factor-de-emisiones-gei-del-sistema-electrico-nacional>
- MOP. (2013). Estrategia nacional de recursos hídricos 2012-2025. Ministerio de Obras Públicas. Disponible en URL: http://www.mop.cl/Documents/ENRH_2013_OK.pdf.
- Osorio, A. (2013). Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. 211p. Serie Actas N° 50. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi. La Serena, Chile.
- Rodríguez, F., Romero, M., Maya, J., Riaño, N., Delerce, S., Da Silva, M., . . . Quintero, M. (2015). Aguacate como cultivo para la mitigación de cambio climático y la generación de valor. Clima y Sector Agropecuario. Adaptación para la Sostenibilidad Productiva.
- Schein, L. (2013). Análisis de Ciclo de Vida Simplificado, Huella de Carbono, para la producción anual de arándano, sobre estudio de caso. [Trabajo final de grado no publicado]. Luján, Argentina. Universidad Nacional de Luján.
- Sepúlveda, G., & Rojas, N. (1985). Producción de kiwi en tres localidades de la IV Región. Primeros resultados de ensayos sobre su comportamiento en la zona. IPA, La Platina N° 31.
- Shkolnik, D. (2019). airportr: Convenience Tools for Working with Airport Data. 0.1.3. Obtenido de <https://cran.r-project.org/package=airportr>
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R., Berntsen, T., Bindoff, N., . . . Raga, G. (2007). Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge y New York. Pp, 25.
- UE-CO2calculadora. (2021). E-CO2 Calculadora. Fomento del Medio Ambiente y lucha frente al Cambio Climático. Obtenido de Consejería de Agua, Agricultura y Media Ambiente. Oficina de impulso Socioeconómico del Medio Ambiente. Servicio de fomento del Medio Ambiente y Cambio Climático. Consultado el 26 de noviembre de 2021: <http://cambioclimaticomurcia.carm.es/calculadora/index.htm>
- Webb, J., Williams, A., Hope, E., Evans, D., & Moorhouse, E. (2013). Do foods imported into UK have a greater environmental impact than the same foods produced within the UK? Int. J. Life Cycle Assess. 18, 1325e1343. <http://doi.org/10.1007/s11367-013-0576-2>.
- Wylie, A., Morales, E., Galeb, P., Vacarezza, F., Cox, F., & Monardes, H. (2011). Guía de procedimientos de registro y de buenas prácticas para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en huertos frutales. Santiago, Chile: UST.

Anexo 1: Lista de estaciones seleccionadas

WGS84

Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2018-2019	Arica y P.	Arica	1	Azapa medio	381794	7949702	19K	393	INIA	180043
2018-2019	Arica y P.	Camarones	2	Camarones	409781	7897784	19K	100	INIA	190009
2017-2018	Atacama	Alto Del Carmen	3	Alto del Carmen	358529	6816851	19J	822	FDF	280023
2017-2018	Atacama	Tierra Amarilla	4	Amolana	401629	6907934	19J	1090	INIA	270013
2017-2018	Atacama	Copiapó	5	La Copa	339745	6974865	19J	188	INIA	270021
2017-2018	Atacama	Freirina	6	Freirina Nicolasa	303288	6844653	19J	156	DMC	280010
2017-2018	Atacama	Huasco	6	Freirina Nicolasa	303288	6844653	19J	156	DMC	280010
2017-2018	Atacama	Vallenar	7	CE Huasco	324938	6837237	19J	470	INIA	280021
2017-2018	Coquimbo	La Higuera	8	El Romeral	282422	6706796	19J	162	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	La Serena	8	El Romeral	282422	6706796	19J	162	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Vicuña	9	Vicuña	337041	6676687	19J	634	CEAZA	300003
2017-2018	Coquimbo	Paihuano	10	Pisco elqui	356458	6666981	19J	1240	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Coquimbo	11	Pan de Azucar	285046	6671361	19J	135	CEAZA	300029
2017-2018	Coquimbo	Río Hurtado	12	Pichasca	317491	6634250	19J	670	CEAZA	300009
2017-2018	Coquimbo	Ovalle	13	Talhue	285220	6613698	19J	292	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Monte Patria	14	Rapel	330520	6600091	19J	862	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Punitaqui	15	La Polvareda	286819	6581567	19J	265	INIA	300055
2017-2018	Coquimbo	Combarbala	16	Combarbala sur	309449	6546509	19J	1136	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Canela	17	Mincha sur	270376	6502467	19J	50	CEAZA	310018
2017-2018	Coquimbo	Illapel	18	Illapel	292316	6497384	19J	275	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Salamanca	19	Chiltepín	338261	6471590	19J	887	CEAZA	-
2017-2018	Coquimbo	Los Vilos	20	Tilama	296133	6448655	19H	499	CEAZA	-
2019-2020	Valparaíso	Petorca	21	Manuel Montt	305984	6421919	19H	322	FDF	320082
2019-2020	Valparaíso	La Calera	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	La Ligua	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Limache	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Nogales	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Olmue	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Papudo	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Puchuncavi	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Quillota	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Zapallar	22	Nogales	293458	6376096	19H	228	FDF	320050
2019-2020	Valparaíso	Cabildo	23	Las Puertas	318335	6404403	19H	338	FDF	320087
2019-2020	Valparaíso	Calle Larga	23	Las Puertas	318335	6404403	19H	338	FDF	320087
2019-2020	Valparaíso	Los Andes	23	Las Puertas	318335	6404403	19H	338	FDF	320087
2019-2020	Valparaíso	Putendo	23	Las Puertas	318335	6404403	19H	338	FDF	320087
2019-2020	Valparaíso	Rinconada	23	Las Puertas	318335	6404403	19H	338	FDF	320087

					WGS84					
Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2019-2020	Valparaíso	San Felipe	24	San Felipe	340800	6369605	19H	701	FDF	320089
2019-2020	Valparaíso	Santa María	24	San Felipe	340800	6369605	19H	701	FDF	320089
2019-2020	Valparaíso	San Esteban	25	San Esteban	354089	6375294	19H	950	FDF	320102
2019-2020	Valparaíso	Llaillay	26	Hijuelas	317575	6357743	19H	442	FDF	320095
2019-2020	Valparaíso	Catemu	26	Hijuelas	317575	6357743	19H	442	FDF	320095
2019-2020	Valparaíso	Panquehue	26	Hijuelas	317575	6357743	19H	442	FDF	320095
2019-2020	Valparaíso	Hijuelas	26	Hijuelas	317575	6357743	19H	442	FDF	320095
2019-2020	Valparaíso	La Cruz	27	La Cruz	291239	6366465	19H	181	INIA	320028
2019-2020	Valparaíso	Quintero	27	La Cruz	291239	6366465	19H	181	INIA	320028
2019-2020	Valparaíso	Quilpue	28	Casablanca	273275	6310743	19H	265	FDF	330090
2019-2020	Valparaíso	Villa Alemana	28	Casablanca	273275	6310743	19H	265	FDF	330090
2019-2020	Valparaíso	Valparaíso	28	Casablanca	273275	6310743	19H	265	FDF	330090
2019-2020	Valparaíso	Casablanca	28	Casablanca	273275	6310743	19H	265	FDF	330090
2019-2020	Valparaíso	Algarrobo	29	Lo Zarate	267838	6287156	19H	103	DMC	330161
2019-2020	Valparaíso	Cartagena	29	Lo Zarate	267838	6287156	19H	103	DMC	330161
2019-2020	Valparaíso	San Antonio	30	Cuncumen	275788	6265150	19H	215	INIA	330191
2019-2020	Valparaíso	Santo Domingo	31	Licanchen	241145	6243183	19H	24	INIA	330192
2019-2020	RM	Colina	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	Lampa	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	Tiltil	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	Cerro Navia	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	Renca	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	Pudahuel	32	Colina	340102	6323135	19H	553	FDF	330164
2019-2020	RM	San Jose De Maipo	33	Pirque	353201	6272384	19H	667	FDF	330072
2019-2020	RM	Pirque	33	Pirque	353201	6272384	19H	667	FDF	330072
2019-2020	RM	Maipo	34	Rinconada	329060	6292875	19H	462	INIA	330141
2019-2020	RM	Padre Hurtado								
2019-2020	RM	Curacavi	35	Chorombo Hacienda	292992	6287792	19H	145	INIA	330076
2019-2020	RM	María Pinto	35	Chorombo Hacienda	292992	6287792	19H	145	INIA	330076
2019-2020	RM	Melipilla	35	Chorombo Hacienda	292992	6287792	19H	145	INIA	330076
2019-2020	RM	San Pedro	36	San Pedro de Melipilla	273430	6247338	19H	145	INIA	330158
2019-2020	RM	Calera De Tango	37	Talagante	321900	6272408	19H	343	FDF	330166
2019-2020	RM	Peñaflor	37	Talagante	321900	6272408	19H	343	FDF	330166
2019-2020	RM	San Bernardo	37	Talagante	321900	6272408	19H	343	FDF	330166
2019-2020	RM	Talagante	37	Talagante	321900	6272408	19H	343	FDF	330166
2019-2020	RM	El Monte	38	San Antonio de Naltahua	311928	6265930	19H	249	INIA	330151
2019-2020	RM	Isla De Maipo	38	San Antonio de Naltahua	311928	6265930	19H	249	INIA	330151

WGS84

Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2019-2020	RM	Alhue	39	El Asiento	316257	6233841	19H	351	INIA	340146
2019-2020	RM	Buin	40	Buin	341794	6268998	19H	528	FDF	330173
2019-2020	RM	Paine	40	Buin	341794	6268998	19H	528	FDF	330173
2017-2018	O'Higgins	La Estrella	41	Hidango	242644	6222132	19H	296	INIA	340042
2017-2018	O'Higgins	Litueche	41	Hidango	242644	6222132	19H	296	INIA	340042
2017-2018	O'Higgins	Marchihue	41	Hidango	242644	6222132	19H	296	INIA	340042
2017-2018	O'Higgins	Navidad	41	Hidango	242644	6222132	19H	296	INIA	340042
2017-2018	O'Higgins	Pumanque	41	Hidango	242644	6222132	19H	296	INIA	340042
2017-2018	O'Higgins	Paredones	42	Puente Negro	225990	6191683	19H	10	INIA	340148
2017-2018	O'Higgins	Pichilemu	42	Puente Negro	225990	6191683	19H	10	INIA	340148
2017-2018	O'Higgins	Chepica	43	Santa Cruz	280153	6158620	19H	173	FDF	340132
2017-2018	O'Higgins	Santa Cruz	43	Santa Cruz	280153	6158620	19H	173	FDF	340132
2017-2018	O'Higgins	Las Cabras	44	Rapel	288120	6211427	19H	127	FDF	340122
2017-2018	O'Higgins	Palmilla	45	Liceo Jean Buchanan	301011	6191675	19H	185	FDF	340149
2017-2018	O'Higgins	Peralillo	45	Liceo Jean Buchanan	301011	6191675	19H	185	FDF	340149
2017-2018	O'Higgins	Peumo	45	Liceo Jean Buchanan	301011	6191675	19H	185	FDF	340149
2017-2018	O'Higgins	Pichidegua	45	Liceo Jean Buchanan	301011	6191675	19H	185	FDF	340149
2017-2018	O'Higgins	Coinco	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Coltauco	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Donihue	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	San Vicente	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Rancagua	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Olivar	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Machali	46	Coltauco	315346	6209661	19H	311	FDF	340130
2017-2018	O'Higgins	Quinta De Tilcoco	47	El Arenal	316971	6197242	19H	266	INIA	340098
2017-2018	O'Higgins	San Fernando	47	El Arenal	316971	6197242	19H	266	INIA	340098
2017-2018	O'Higgins	Malloa	47	El Arenal	316971	6197242	19H	266	INIA	340098
2017-2018	O'Higgins	Chimbarongo	48	Chimbarongo	313854	6161551	19H	333	FDF	340124
2017-2018	O'Higgins	Nancagua	49	Placilla Chacarilla	304266	6164619	19H	245	FDF	340126
2017-2018	O'Higgins	Placilla	49	Placilla Chacarilla	304266	6164619	19H	245	FDF	340126
2017-2018	O'Higgins	Codegua	50	Codegua	347482	6224382	19H	515	FDF	340125
2017-2018	O'Higgins	Graneros	50	Codegua	347482	6224382	19H	515	FDF	340125
2017-2018	O'Higgins	Mostazal	50	Codegua	347482	6224382	19H	515	FDF	340125
2017-2018	O'Higgins	Requinoa	51	Requinoa	331201	6200500	19H	375	FDF	340077
2017-2018	O'Higgins	Rengo	51	Requinoa	331201	6200500	19H	375	FDF	340077
2017-2018	O'Higgins	Lolol	52	Lolol	259171	6155536	19H	114	FDF	340133
2018-2019	Maule	Hualane	52	Lolol	259171	6155536	19H	114	FDF	340133

WGS84

Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2018-2019	Maule	Curepto	53	Deuca	231161	6109666	19H	48	INIA	350095
2018-2019	Maule	Licanten	53	Deuca	231161	6109666	19H	48	INIA	350095
2018-2019	Maule	Curico	54	Lontue	294968	6119132	19H	233	FDF	350080
2018-2019	Maule	Molina	54	Lontue	294968	6119132	19H	233	FDF	350080
2018-2019	Maule	Romeral	54	Lontue	294968	6119132	19H	233	FDF	350080
2018-2019	Maule	Rio Claro	54	Lontue	294968	6119132	19H	233	FDF	350080
2018-2019	Maule	Rauco	55	Rauco	291459	6132895	19H	212	FDF	340143
2018-2019	Maule	Sagrada Familia	55	Rauco	291459	6132895	19H	212	FDF	340143
2018-2019	Maule	Teno	55	Rauco	291459	6132895	19H	212	FDF	340143
2018-2019	Maule	San Clemente	56	San Clemente	276049	6065373	19H	221	INIA	350064
2018-2019	Maule	Maule	57	Maule	257245	6059700	19H	119	FDF	350087
2018-2019	Maule	Pencahue	57	Maule	257245	6059700	19H	119	FDF	350087
2018-2019	Maule	San Javier	57	Maule	257245	6059700	19H	119	FDF	350087
2018-2019	Maule	San Rafael	58	San Rafael	274891	6090444	19H	158	FDF	350082
2018-2019	Maule	Talca	58	San Rafael	274891	6090444	19H	158	FDF	350082
2018-2019	Maule	Pelarco	58	San Rafael	274891	6090444	19H	158	FDF	350082
2018-2019	Maule	Colbun	59	Colbún	277902	6050711	19H	250	FDF	350088
2018-2019	Maule	Yerbas Buenas	60	Yerbas Buenas	266505	6041013	19H	156	FDF	350012
2018-2019	Maule	Linares	60	Yerbas Buenas	266505	6041013	19H	156	FDF	350012
2018-2019	Maule	Villa Alegre	61	Villa Alegre	257305	6046441	19H	128	FDF	350089
2018-2019	Maule	Retiro	62	Copihue	252339	6004787	19H	162	DMC	360047
2018-2019	Maule	Chanco	63	Chanco	725287	6046467	18H	60	INIA	350070
2018-2019	Maule	Constitucion	63	Chanco	725287	6046467	18H	60	INIA	350070
2018-2019	Maule	Empedrado	64	Sauzal	761455	6044365	18H	162	INIA	350071
2018-2019	Maule	Cauquenes	65	Cauquenes	745331	6018177	18H	162	INIA	350021
2018-2019	Maule	Parral	66	Parral	253913	5988915	19H	213	FDF	360043
2018-2019	Maule	Longavi	66	Parral	253913	5988915	19H	213	FDF	360043
2018-2019	Ñuble	Niquen	66	Parral	253913	5988915	19H	213	FDF	360043
2018-2019	Ñuble	Cobquecura	67	Puralihue	711558	5965768	18H	36	INIA	360091
2018-2019	Ñuble	Coelemu	67	Puralihue	711558	5965768	18H	36	INIA	360091
2018-2019	Ñuble	San Carlos	68	CE Arroz	230952	5967502	18H	162	INIA	360060
2018-2019	Ñuble	San Nicolas	69	San Nicolás	760156	5954693	18H	129	FDF	360083
2018-2019	Ñuble	Chillan	69	San Nicolás	760156	5954693	18H	129	FDF	360083
2018-2019	Ñuble	Chillan Viejo	69	San Nicolás	760156	5954693	18H	129	FDF	360083
2018-2019	Ñuble	Coihueco	70	Coihueco	247859	5950551	19H	228	FDF	360084
2018-2019	Ñuble	San Fabian	70	Coihueco	247859	5950551	19H	228	FDF	360084
2018-2019	Ñuble	El Carmen	70	Coihueco	247859	5950551	19H	228	FDF	360084
2018-2019	Ñuble	San Ignacio	70	Coihueco	247859	5950551	19H	228	FDF	360084
2018-2019	Ñuble	Portezuelo	71	Portezuelo	736359	5954022	18H	109	INIA	360062
2018-2019	Ñuble	Bulnes	72	Bulnes	735112	5931230	18H	76	FDF	360087

WGS84

Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2018-2019	Ñuble	Quillon	72	Bulnes	735112	5931230	18H	76	FDF	360087
2018-2019	Ñuble	Ranquil	72	Bulnes	735112	5931230	18H	76	FDF	360087
2018-2019	Ñuble	Pinto	73	San Ignacio	756385	5918617	18H	187	FDF	360089
2018-2019	Ñuble	Pemuco	74	Yungay	765583	5885411	18H	265	INIA	370044
2018-2019	Ñuble	Yungay	74	Yungay	765583	5885411	18H	265	INIA	370044
2018-2019	Biobío	Tucapel	74	Yungay	765583	5885411	18H	265	INIA	370044
2018-2019	Biobío	Tome	75	Punta Parra	682304	5939796	18H	190	INIA	360069
2018-2019	Biobío	Florida	76	Santa Lucía	705489	5937051	18H	268	INIA	360092
2018-2019	Biobío	Mulchen	77	Mulchén	745350	5823423	18H	184	FDF	370072
2018-2019	Biobío	Santa Barbara	77	Mulchén	745350	5823423	18H	184	FDF	370072
2018-2019	Biobío	Quilaco	77	Mulchén	745350	5823423	18H	184	FDF	370072
2018-2019	Biobío	Quilleco	77	Mulchén	745350	5823423	18H	184	FDF	370072
2018-2019	Biobío	Canete	78	GTT Peleco	640671	5804073	18H	125	INIA	-
2018-2019	Biobío	Contulmo	78	GTT Peleco	640671	5804073	18H	125	INIA	-
2018-2019	Biobío	Lebu	79	Lebu	630506	5828658	18H	194	INIA	370054
2018-2019	Biobío	Nacimiento	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Biobío	Cabrero	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Biobío	Los Angeles	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Biobío	San Rosendo	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Biobío	Yumbel	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Biobío	Negrete	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Araucanía	Renaico	80	Human	743853	5853457	18H	195	INIA	370011
2018-2019	Araucanía	Angol	81	El Vergel	706842	5811554	18H	81	INIA	370075
2018-2019	Araucanía	Collipulli	82	Collipulli	741852	5790481	18H	383	FDF	380064
2018-2019	Araucanía	Los Sauces	83	San Rafael	700000	5783964	18H	173	INIA	380072
2018-2019	Araucanía	Ercilla	84	Pailahueque	737499	5775181	18H	379	INIA	380074
2018-2019	Araucanía	Traiguén	85	Traiguén	714289	5751702	18H	253	FDF	380065
2018-2019	Araucanía	Victoria	86	Las Palmas	738990	5766251	18H	388	INIA	380041
2018-2019	Araucanía	Curacautín	87	San Luis	751393	5735488	18H	549	INIA	380044
2018-2019	Araucanía	Perquenco	88	San Sebastián	727825	5743247	18H	299	INIA	380075
2018-2019	Araucanía	Galvarino	89	Caballería	697215	5741835	18H	167	INIA	-
2018-2019	Araucanía	Lautaro	90	Santa Inés	731965	5735353	18H	263	INIA	-
2018-2019	Araucanía	Nueva Imperial	91	Nueva Imperial	684416	5707563	18H	45	FDF	380067
2018-2019	Araucanía	Temuco	92	Collimallín	700290	5725102	18H	60	INIA	380076
2018-2019	Araucanía	Vilcun	93	Carillanca	725265	5714440	18H	200	INIA	380009
2018-2019	Araucanía	Padre Las Casas	94	Taplón	717011	5699119	18H	130	INIA	380077
2018-2019	Araucanía	Teodoro Schmidt	95	Pocoyán	664644	5682337	18H	30	FDF	380070
2018-2019	Araucanía	Freire	96	Freire	691960	5684063	18H	84	FDF	380069
2018-2019	Araucanía	Cunco	97	Cunco	737979	5678859	18H	235	FDF	390044
2018-2019	Araucanía	Pitrufquén	98	Faja Maisan	679941	5673396	18H	56	INIA	390051

WGS84

Temporada	Región	Comuna	id	Nombre estación	E	N	Zona	z [msnm]	Propiedad	Código nacional
2018-2019	Araucanía	Gorbea	99	Gorbea	706210	5669080	18H	110	FDF	390045
2018-2019	Araucanía	Pucon	100	Pucon	261473	5640049	19H	444	FDF	390046
2018-2019	Araucanía	Villarrica	101	Vida Nueva	736502	5657856	18H	264	FDF	390048
2018-2019	Araucanía	Loncoche	102	Loncoche	703518	5636909	18H	108	FDF	390047
2018-2019	Los Ríos	Lanco	102	Loncoche	703518	5636909	18H	108	FDF	390047
2018-2019	Los Ríos	Los Lagos	103	Santa Carla	704999	5606138	18H	264	INIA	390038
2018-2019	Los Ríos	Panguipulli	103	Santa Carla	704999	5606138	18H	264	INIA	390038
2018-2019	Los Ríos	Mafil	104	Mariquina	665372	5612552	18H	25	FDF	390049
2018-2019	Los Ríos	Mariquina	104	Mariquina	665372	5612552	18H	25	FDF	390049
2018-2019	Los Ríos	Valdivia	105	Austral	651575	5595162	18H	15	UACH	390019
2018-2019	Los Ríos	Futroneo	106	Lago Verde	701839	5551791	18G	248	INIA	400034
2018-2019	Los Ríos	Lago Ranco	106	Lago Verde	701839	5551791	18G	248	INIA	400034
2018-2019	Los Ríos	Paillaco	107	Paillaco	676736	5559484	18G	96	FDF	400049
2018-2019	Los Ríos	Río Bueno	108	El Cardal	677415	5527968	18G	80	INIA	400039
2018-2019	Los Ríos	La Unión	109	La Unión	667880	5535221	18G	27	FDF	400051
2018-2019	Los Lagos	San Pablo	110	Quilacahuin	644393	5533118	18G	17	INIA	400037
2018-2019	Los Lagos	Puyehue	111	Desagüe Rupanco	697548	5486361	18G	272	INIA	400044
2018-2019	Los Lagos	Osorno	112	Osorno	663249	5511261	18G	72	FDF	400054
2018-2019	Los Lagos	Purranque	113	Purranque	664090	5472801	18G	119	FDF	400056
2018-2019	Los Lagos	Río Negro	114	Río Negro	655980	5485718	18G	83	FDF	400055
2018-2019	Los Lagos	Puerto Octay	115	Octay	678436	5464629	18G	178	INIA	400047
2018-2019	Los Lagos	Fresia	116	Polizones	636860	5447752	18G	137	INIA	410030
2018-2019	Los Lagos	Frutillar	117	Frutillar	664609	5443786	18G	150	FDF	410002
2018-2019	Los Lagos	Llanquihue	118	Colegual	646690	5435344	18G	177	INIA	410031
2018-2019	Los Lagos	Los Muermos	119	Los Canelos	627739	5406826	18G	105	INIA	410036
2018-2019	Aysén	Aysen	120	Aysen	678778	4966524	18G	4	FDF	450023
2018-2019	Aysén	Coihaique	121	El Claro	727025	4948496	18G	319	INIA	450019
2018-2019	Aysén	Río Ibanez	122	Bajada Ibañez	728451	4881693	18G	523	INIA	460013
2018-2019	Aysén	Chile Chico	123	Chile Chico	293747	4842436	19G	213	INIA	460010

Anexo 2: Temporadas de crecimiento, etapas de desarrollo y coeficientes de cultivo

El criterio que permite definir las temporadas de crecimiento y las etapas de desarrollo de cada especie es la fenología de las variedades con mayor superficie de cultivo en cada región. La información utilizada para definir estos periodos de tiempo se obtiene a partir de fuentes bibliográficas, información pública de organizaciones chilenas como el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), el INIA, el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), entre otras, en conjunto con consultas a expertos de los distintos comités de cada fruta. Con esto, se logra determinar el período durante el cual se consideran las necesidades de riego de cada especie. Se destaca que en algunas regiones existen más de una variedad representativa de cada especie de fruta, por lo que en estos casos se considera más de un período representativo de la región, el que se pondera según el nivel de representatividad de la variedad.

Se elabora una tabla de etapas de desarrollo que permite conocer el tiempo en días de duración cada etapa para cada región, según las definiciones de la Guía para la determinación de los requerimientos de agua de cultivos N° 56 (FAO, 1998), las que se presentan a continuación.

La etapa inicial para cultivos permanentes está comprendida entre el momento en que aparecen las primeras hojas o primeras flores y el momento en que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo. La longitud de la etapa inicial depende en gran medida del tipo de planta, la variedad de esta y el clima.

La etapa de desarrollo del cultivo está comprendida desde el momento en que la

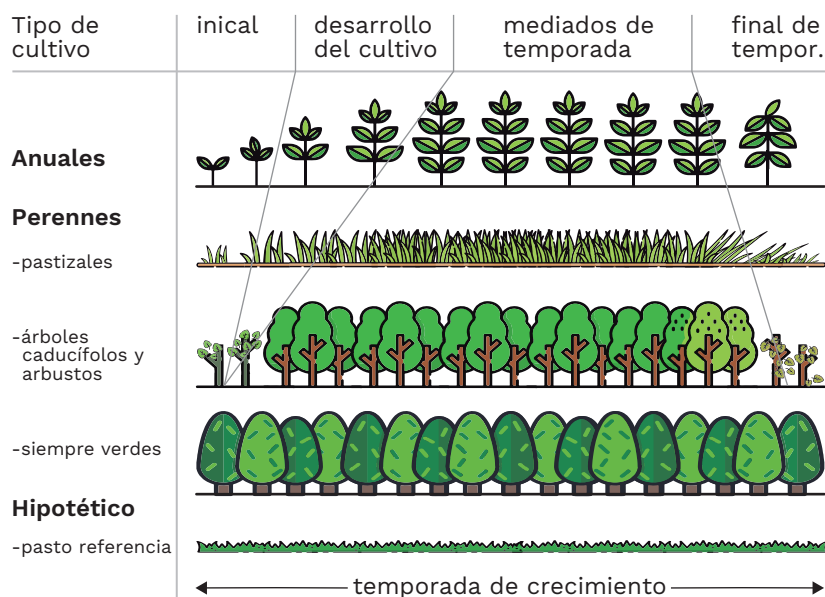
cobertura del suelo es de un 10% hasta el momento de alcanzar la cobertura efectiva completa. Para cultivos en hileras, donde en las hileras se presenta comúnmente el solape entre las hojas, la cobertura efectiva completa puede ser definida como el momento cuando algunas de las hojas de las plantas adyacentes comienzan a solaparse, lo que produce un sombreado casi completo del suelo.

La etapa de mediados de temporada comprende el período de tiempo entre la cobertura completa hasta el comienzo de la madurez. El comienzo de la madurez está indicado generalmente por el comienzo de la vejez, amarillamiento o senescencia de las hojas, caída de las hojas, o la aparición de color marrón en el fruto. La etapa de mediados de temporada representa la etapa más larga para cultivos permanentes y para una gran variedad de cultivos anuales.

Por último, la etapa de finales de temporada o tardía de crecimiento comprende el período entre el comienzo de la madurez hasta el momento de la cosecha. Se asume que el cálculo de los valores de ETC finaliza cuando finaliza la cosecha, cuando la planta alcanza la completa senescencia o la experimenta la caída de las hojas. La Figura 3 presenta las etapas de desarrollo para diferentes tipos de cultivos.

En relación a los coeficientes de cultivo, se escogen de manera prioritaria valores de Kc de publicaciones e información local, la que se obtiene principalmente de manuales de cultivo de las distintas especies que se estudian, desde la biblioteca digital del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). De no hallarse esta información, se utilizan los Kc tabulados en el documento FAO (1998).

Figura 5. Huella de carbono de distintos alimentos producidos en Chile



Anexo 3: Duración de temporadas y etapas de desarrollo por fruta y región

Región	Especie	Fecha inicio	Inic	Des	Med	Fin	Total	Fecha fin	Principales Variedades
Arica y	Arándano	01-jul	20	60	70	40	190	06-ene	Sin información
Parinacota	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			265	30-sep	Sin información
	Palta	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	01-ago	20	50	60	50	180	27-ene	Red Globe
Atacama	Arándano	01-jul	20	60	70	40	190	06-ene	Emerald, Oneal
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Fino 49
	Palta	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	01-ago	20	50	60	50	180	27-ene	Thompson, RedGlobe, Flame
Coquimbo	Arándano	01-jul	20	60	70	40	190	06-ene	Emerald, Jewel, Oneal, Star
	Cerezo	01-ago	15	30	90	15	150	28-dic	Brooks
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Eureka, Fino 49
	Palta	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	01-sep	20	50	60	50	180	27-feb	Flame, RedGlobe, Thompson
Valparaíso	Arándano	01-jul	20	60	70	40	190	06-ene	Emerald, Jewel
	Cerezo	01-sep	15	30	90	15	150	28-ene	Lapins, Brooks, Santina
	Kiwi	20-ago	30	60	75	30	195	02-mar	Hayward, Dori
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Eureka, Fino 49, Messina
	Manzana	01-sep	30	60	90	21	201	20-mar	Pink Lady, Royal Gala
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	08-sep	20	50	60	50	180	06-mar	RedGlobe, Thompson, Flame
Metropolitana	Arándano	10-jul	20	60	70	40	190	15-ene	Star, Oneal
	Cerezo	01-sep	15	30	90	15	150	28-ene	Lapins, Santina
	Kiwi	01-sep	30	60	75	30	195	14-mar	Hayward
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Eureka
	Manzana	01-sep	30	60	90	21	201	20-mar	Brookfield, Granny Smith, Rosy Glow
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	15-sep	20	50	60	50	180	13-mar	Thompson, Crimpson, RedGlobe
O'Higgins	Arándano	01-ago	20	60	70	40	190	06-feb	Oneal, Star, Duke, Emerald
	Cerezo	15-sep	15	30	90	15	150	11-feb	Lapins, Santina, Bing, Regina
	Kiwi	20-sep	30	60	75	30	195	02-abr	Hayward
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Fino 49
	Manzana	08-sep	30	60	90	21	201	27-mar	Granny Smith, Pink Lady, Royal Gala
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	20-sep	20	50	60	50	180	18-mar	Crimpsion, RedGlobe, Thompson

Región	Especie	Fecha inicio	Inic	Des	Med	Fin	Total	Fecha fin	Principales Variedades
Maule	Arándano	01-sep	20	60	70	40	190	09-mar	Legacy, Duke, Brigitta, Brightwell
	Cerezo	15-sep	15	30	90	15	150	11-feb	Lapins, Regina, Santana
	Kiwi	28-sep	30	60	75	30	195	10-abr	Hayward
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Genova
	Manzana	08-sep	30	60	90	21	201	27-mar	Granny Smith, Royal, Brookfield, Fuji
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
	Uva de mesa	25-sep	20	50	60	50	180	23-mar	Crimson
Ñuble	Arándano	10-sep	20	60	70	40	190	18-mar	Legacy, Duke, Brightwell, Brigitta
	Cerezo	15-sep	15	30	90	15	150	11-feb	Lapins, Regina, Sweetheart
	Kiwi	28-sep	30	60	75	30	195	10-abr	Hayward
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Fino 49
	Manzana	08-sep	30	60	90	21	201	27-mar	Royal Gala, Fuji, Granny Smith
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
Biobío	Arándano	01-oct	20	60	70	40	190	08-abr	Duke, Legacy, Brigitta
	Cerezo	25-sep	15	30	90	15	150	21-feb	Lapins, Regina
	Kiwi	07-oct	30	60	75	30	195	19-abr	Hayward
	Limonero	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Genova
	Manzana	15-sep	30	60	90	21	201	03-abr	Fuji, Brookfield Gala, Pink Lady
	Palto	01-oct	365	Temporada anual			365	30-sep	Hass
La Araucanía	Arándano	05-oct	20	60	70	40	190	12-abr	Brigitta, Legacy, Duke
	Cerezo	01-oct	15	30	90	15	150	27-feb	Regina
	Kiwi	15-oct	30	60	75	30	195	27-abr	Hayward
	Manzana	21-sep	30	60	90	21	201	09-abr	Fuji, Honey Crip, Brookfield Gala
Los Ríos	Arándano	10-oct	20	60	70	40	190	17-abr	Legacy, Elliot, Brigitta, Duke
	Cerezo	01-oct	15	30	90	15	150	27-feb	Regina
	Kiwi	21-oct	30	60	75	30	195	04-may	Hayward
	Manzana	28-sep	30	60	90	21	201	16-abr	Limona
Los Lagos	Arándano	15-oct	20	60	70	40	190	22-abr	Legacy, Elliot, Brigitta, Duke
	Cerezo	01-oct	15	30	90	15	150	27-feb	Regina
	Manzana	28-sep	30	60	90	21	201	16-abr	Elstar, Jonagold, Braeburn
Aysén	Arándano	15-oct	20	60	70	40	190	22-abr	Legacy, Elliot, BlueGold
	Cerezo	10-oct	15	30	90	15	150	08-mar	Sweet heart, Kordia, Regina
	Manzana	28-sep	30	60	90	21	201	16-abr	Delicious

Anexo 4: Indicador de agua de riego a partir de encuesta productores

Se realizó una encuesta a los productores de las frutas seleccionadas, pertenecientes a los distintos Comités de Frutas de ASOEX, entre el lunes 31 de mayo y el viernes 9 de julio de 2021. Se recibieron 74 respuestas, las que distribuyen según muestra la Tabla 18. Investigaciones Agropecuarias (INIA). De no hallarse esta información, se utilizan los Kc tabulados en el documento FAO (1998).

Tabla 18. Número de respuestas por especie de fruta

Especie	Respuestas
Arándano	25
Cereza	35
Kiwi	15
Limón	0
Manzana	12
Palta	6
Uva de mesa	30
Otras frutas	27

Dentro de las preguntas de las encuestas, se consultó por la cantidad de agua consumida durante el año agrícola 2019 – 2020, según especie frutícola y la producción de fruta cosechada durante dicho periodo. Luego de realizar la revisión y tratamiento de datos, se estima la relación entre volumen de agua utilizada y kilogramos de producción de fruta, de manera de obtener el indicador de agua calculado en el apartado anterior. Los resultados de los indicadores a nivel nacional se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Litros de agua utilizada a nivel nacional en huerto por kilogramo de fruta, a partir de encuestas [l/kg]

Especie	Respuestas
Arándano	474
Cereza	858
Kiwi	333
Limón	
Manzana	230
Palta	977
Uva de mesa	317
Otras frutas	557

Al comparar los registros de las encuestas (Tabla 19) con los resultados calculados para el indicador de agua (Tabla 9), se observa que ambas fuentes reportan indicadores en el mismo orden de magnitud, de cientos de litros de agua por kilogramo de producción, para las distintas frutas. Se cumple también la misma jerarquía de consumo, en donde la palta es la que utiliza más agua, luego la cereza, y las siguen el arándano, el kiwi y la uva, siendo la que menos agua utiliza por kilogramo de producción la manzana. No se registran respuestas de limón, por lo que no se puede validar este resultado con lo respondido en las encuestas.

En relación a la magnitud de los valores, se observan similares resultados entre lo calculado y lo respondido en las encuestas. En arándanos se alcanza el mismo valor, mientras que en kiwis los valores difieren en un 14% respecto a lo reportado en las encuestas. En palta, uva y manzana, la diferencia en los resultados calculados respecto a lo reportado es menor a un 20%, siendo la manzana la que alcanza dicho porcentaje. El resultado de mayor disimilitud se observa en cerezas, donde la diferencia de lo calculado respecto a lo reportado es del 30%. Como observación adicional, las estimaciones realizadas a partir de los valores reportados en las encuestas son superiores en magnitud respecto a los valores calculados por la metodología planteada en este trabajo.

Anexo 5: Eficiencia de riego por especie

Especie	1999-2004	2005-2010	2011-2014	2015-2017	2018-2020
Aceitunas	56%	71%	72%	74%	78%
Almendras	61%	66%	73%	74%	78%
Arandanos	77%	88%	86%	89%	89%
Avellanas	68%	68%	69%	69%	74%
Caquis	57%	62%	67%	68%	63%
Cerezas	57%	64%	66%	73%	76%
Chirimoyas	63%	73%	73%	77%	82%
Ciruelas	55%	59%	62%	65%	70%
Clementinas	86%				
Cramberries					
Damascos	50%	53%	55%	54%	56%
Duraznos	52%	57%	60%	59%	60%
Frambuesas	58%	62%	61%	63%	61%
Frutillas	70%				
Higos	73%	64%	72%	71%	74%
Kiwis	50%	53%	50%	62%	62%
Lima	82%	78%	75%	68%	69%
Limonos	65%	71%	77%	82%	83%
Mandarinas	80%	85%	89%	89%	90%
Mangos	90%	75%	78%	69%	73%
Manzanas	48%	51%	57%	56%	62%
Maqui				80%	86%
Membrillos	47%	49%	51%	53%	55%
Moras	53%	53%	52%	54%	52%
Naranjas	62%	71%	81%	78%	78%
Nectarines	54%	58%	64%	59%	61%
Nisperos	63%	66%	79%	72%	79%
Nueces	50%	58%	64%	72%	76%
Otras	58%	61%	69%	69%	74%
Paltas	52%	58%	64%	70%	76%
Peras	47%	50%	58%	58%	60%
Pomelos	76%	86%	85%	82%	82%
Tangerinas	75%	80%	90%	70%	69%
Uva De Mesa	66%	74%	79%	83%	85%
Zarzaparrilla	55%	62%	63%	73%	85%
Prom. nacional	56%	63%	68%	71%	75%

Anexo 6: Insumos y materiales

Especie	Electricidad [kWh/ton]	Diesel [L/ton]	Gas licuado [L/ton]	Envases plásticos [kg/ton]	Bins [kg/ton]	Bolsas [kg/ton]	Film [kg/ton]	Otros plásticos [kg/ton]	Pallets [kg/ ton]	Cajas madera [kg/ton]	Cartón [kg/ton]
Arándanos	213,5	0,3	3,0	74,6	9,8	1,9	0,3	2,3	127,2	5,1	81,9
Cerezas	182,4	1,3	1,5	9,9	3,6	0,9	0,1	1,1	42,9	2,5	35,8
Kiwis	88,8	2,0	1,1	31,5	4,4	0,9	0,2	1,0	68,8	2,2	38,4
Limonos	10,5	1,6	3,5	5,9	1,0	0,3	0,1	0,2	10,9	0,9	20,1
Manzanas	151,3	2,2	4,2	20,4	2,7	0,5	0,0	0,6	37,1	1,4	23,3
Paltas	79,8	1,4	2,3	28,0	3,8	0,7	0,2	1,0	40,5	2,2	29,3
Uvas de mesa	102,5	0,8	0,6	25,0	3,4	0,7	0,2	0,8	58,8	1,8	32,7
Otras frutas	171,5	0,8	3,0	23,4	5,1	0,9	0,1	1,1	41,8	2,4	40,2

Anexo 7: Emisiones de CO2 por especie y medio de transporte

Especie	Medio transporte	Indicador [kg CO2/kg]	Emisiones [ton CO2]	Exportación [ton]	Distancia promedio [km]	Emisiones [%]	Exportación [%]
Arándanos	Aéreo	6,542	148.628	22.718	10.549	56,5%	6,9%
Arándanos	Marítimo	0,372	114.322	307.377	10.862	43,5%	93,0%
Arándanos	Terrestre	0,324	142	439	1.351	0,1%	0,1%
Cerezas	Aéreo	9,960	430.444	43.217	16.159	59,6%	7,3%
Cerezas	Marítimo	0,531	287.903	541.892	17.787	39,9%	91,1%
Cerezas	Terrestre	0,388	3.807	9.809	1.703	0,5%	1,6%
Kiwis	Aéreo	6,639	1.690	255	10.775	0,9%	0,1%
Kiwis	Marítimo	0,410	171.797	419.518	13.513	88,0%	86,4%
Kiwis	Terrestre	0,332	21.794	65.702	1.317	11,2%	13,5%
Limonos	Aéreo	5,768	864	150	9.337	0,9%	0,1%
Limonos	Marítimo	0,344	91.013	264.363	11.394	98,9%	99,6%
Limonos	Terrestre	0,162	150	928	600	0,2%	0,3%
Manzanas	Aéreo	8,143	3.662	450	13.214	0,5%	0,0%
Manzanas	Marítimo	0,373	695.779	1.867.285	11.906	86,4%	88,6%
Manzanas	Terrestre	0,442	106.092	239.844	1.195	13,2%	11,4%
Paltas	Aéreo	5,117	8.652	1.691	8.262	5,8%	0,4%
Paltas	Marítimo	0,363	136.896	377.435	12.310	92,2%	89,5%
Paltas	Terrestre	0,070	3.005	42.654	277	2,0%	10,1%
Uvas de Mesa	Aéreo	7,623	4.747	623	12.349	0,6%	0,0%
Uvas de Mesa	Marítimo	0,369	722.122	1.957.049	11.949	97,8%	98,4%
Uvas de Mesa	Terrestre	0,371	11.801	31.804	1.800	1,6%	1,6%

Segunda Parte

Huella económica y social de la Fruticultura en Chile

p. **48**

I Introducción

p. **54**

II Huella económica

II.1 Huella económica de la industria frutícola p. **55**

p. **60**

III Huella socioeconómica

III.1 Datos p. **60**

III.2 Categorización de comunas y estadística descriptiva p. **60**

p. **71**

Referencias y anexos

Anexo 1: Metodología de extracción hipotética p. 71

Datos p. 71

Matriz de Insumo-Producto p. 71

Metodología de extracción hipotética p. 72

Anexo 2: listado de comunas según categoría de intensidad frutícola p. 73

Referencias de la Segunda Parte p. 75



I. Introducción

La concentración de la matriz exportadora chilena en sectores intensivos en el uso de recursos naturales es innegable. Los tres sectores con mayor cantidad de dólares exportados el año 2020 fueron el sector cuprífero (US\$ 37,9 MM), la fruta fresca (US\$ 5,7 MM) y el salmón (US\$ 4,4 MM ⁴). En el plano económico, existen dos creencias ampliamente arraigadas respecto a la matriz exportadora chilena y en particular a los sectores intensivos en recursos naturales (RRNN):

- a) La preponderancia de las industrias intensivas en recursos naturales dificulta la diversificación productiva. Es común escuchar que Chile exporta exactamente lo mismo hace 40 años.
- b) Históricamente ha existido una visión negativa respecto al aporte real de las industrias intensivas en RRNN a la economía. Es frecuente escuchar que este tipo de industrias presentan

⁴ Incluye salmón y trucha

(i) una alta concentración a nivel geográfico, (ii) alta concentración a nivel de propiedad, (iii) son industrias monoproductoras y (iv) generan poco empleo relativo al valor de su producción.

Como veremos a continuación la fruticultura es un sector que sirve como contraejemplo para las dos ideas presentadas anteriormente.

El Gráfico 1 representa la evolución del monto y de la diversificación de las exportaciones frutícolas desde el año 1986 hasta el 2019. Podemos ver como en poco más de 3 décadas las partidas de fruta fresca con exportaciones superiores a 50 millones de dólares (medidos en dólares del 2019) pasan de 3 en 1986 a 13 en el 2019. Adicionalmente a esta diversificación, hay un considerable aumento en la escala (montos en dólares) de las frutas exportadas.

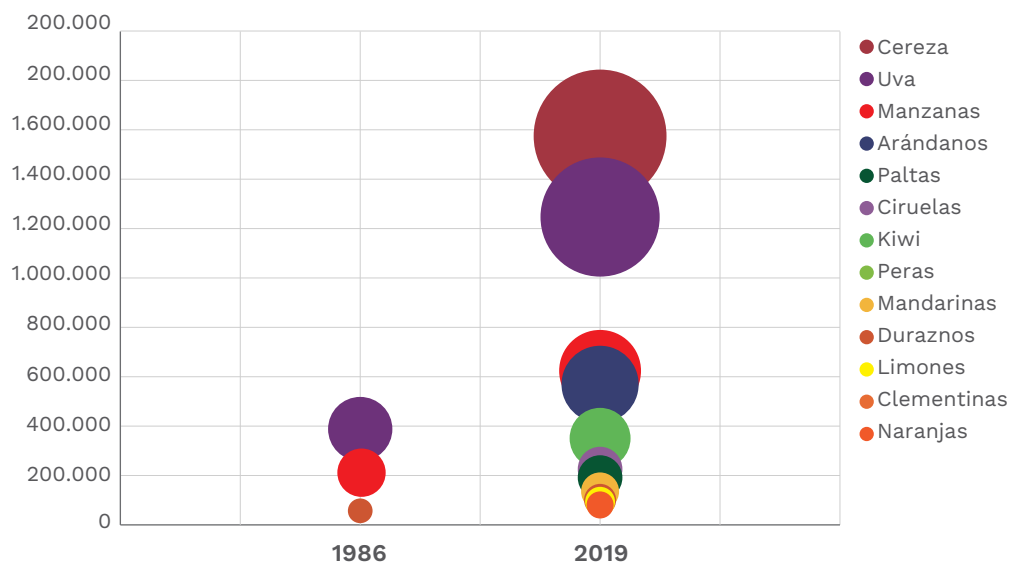
Existe la creencia de que los productos frutícolas son sustitutos entre sí y que la inclusión de uno

en reemplazo de otro es un proceso casi automático. Sin embargo, la diversificación de la fruta exportada responde a una diversificación del conocimiento con el que opera el sector. En palabras simples, para exportar distintos productos hay que tener y aplicar conocimientos distintos. En lo referente al aumento de escala, los desafíos técnico-productivos que presenta un huerto de 1 hectárea no son comparables a los que presenta una plantación de 100 hectáreas, como no es comparable

“En el plano económico, existen dos creencias ampliamente arraigadas respecto a la matriz exportadora chilena”

exportar 1.000 toneladas a exportar 100.000 mil toneladas de un producto. En síntesis, detrás de este aumento y diversificación de las exportaciones frutícolas hay un aumento y una diversificación del conocimiento del sector.

Gráfico 1: Exportaciones de fruta fresca sobre US\$ 50 MM en 1986 y 2019 (US\$ 2019)⁵



Fuente: FAO para datos de 1986, ASOEX para datos de 2019

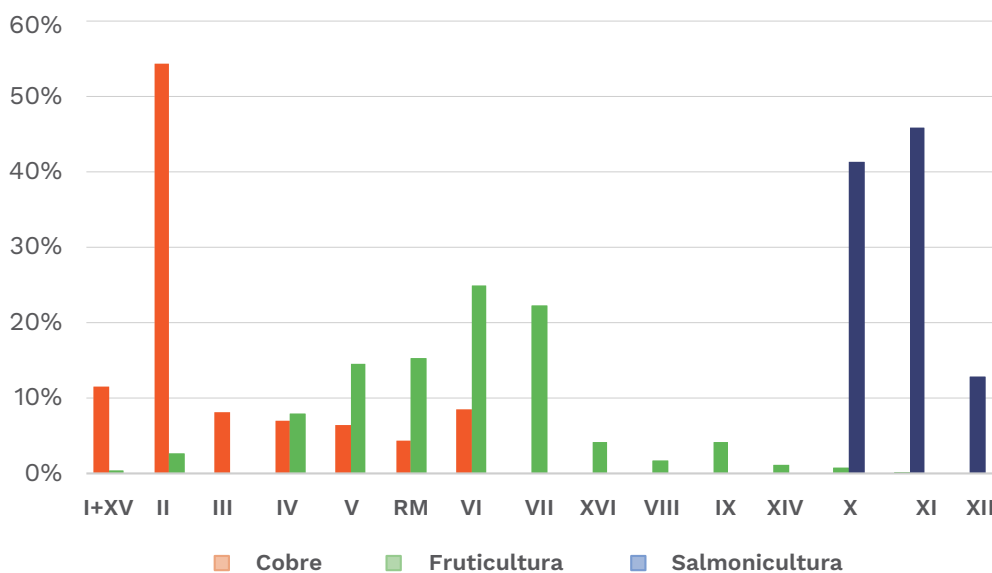
⁵ El monto exportado se representa dos veces en el mismo gráfico, ya que los dólares exportados por fruta determinan su posición en el eje y también el diámetro de la burbuja.

Respecto a la creencia expresada en el párrafo (b), el sector frutícola presenta un comportamiento muy distinto al que caracteriza a los otros dos principales sectores exportadores en Chile, el cobre y el salmón (ambos ligados a los RRNN). A nivel de empleo, la fruticultura de exportación genera alrededor de 95⁶ empleos por millón de dólares exportados, cifra que supera ampliamente a los empleos producidos por el cobre y el salmón por millón de dólares exportados (4 y 6 empleos por millón de dólares exportados, respectivamente). Si bien es cierto, gran parte de los empleos frutícolas son empleos temporales relacionados a labores de cosecha y packing, si transformamos estos empleos a empleos anuales equivalentes⁷, la fruta generaría entre 27 a 34 empleos por millón de dólares exportado, lo que representaría 4 y 6 veces lo generado por el salmón y el cobre respectivamente.

Adicionalmente, el empleo frutícola es particularmente importante en zonas rurales y emplea comparativamente más mujeres que el promedio del sector silvoagropecuario, en particular en lo que a empleos temporales se refiere. Los espacios de crecimiento del sector radican en la calidad y la informalidad del empleo, ambos factores especialmente relevantes en el empleo temporal.

Geográficamente, la fruticultura está presente desde la Región de Arica y Parinacota en el norte hasta la región de Aysén en el sur. Los cultivos frutícolas son particularmente relevantes entre la Región de Coquimbo y la Región del Maule, zona que se puede definir como zona frutícola tradicional y la que representa a la fecha un 85% de la superficie frutícola en Chile. Al comparar la distribución geográfica de esta

Gráfico 2: Distribución regional de superficie/producción por sector



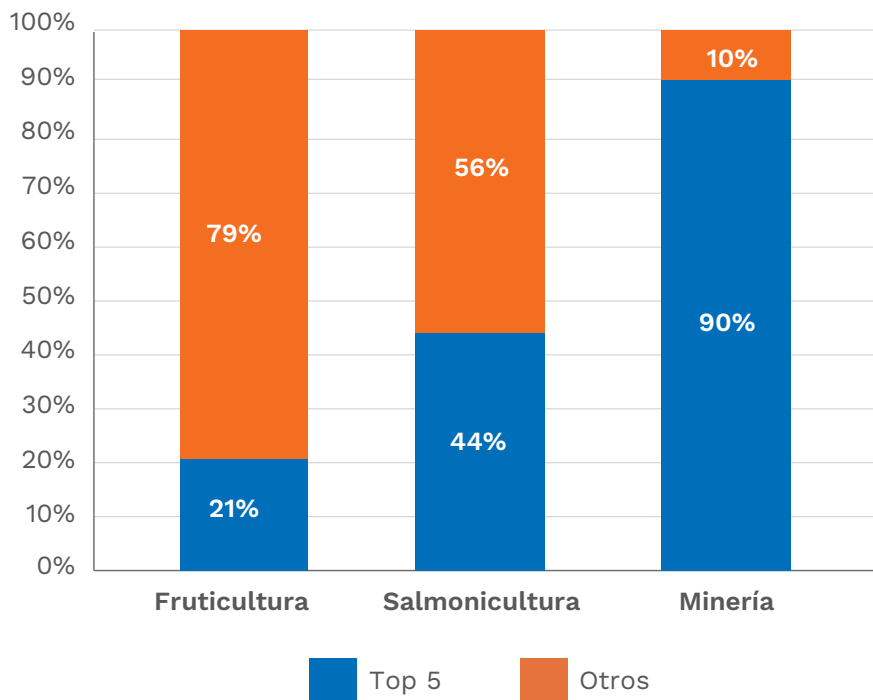
Fuente: ODEPA para fruticultura, Meller (2019) para cobre y Cerda (2019) para salmón.

Notas: los porcentajes son calculados por sector según hectáreas plantadas por región (fruticultura), kilos de salmónidos por región y toneladas de cobre por región.

⁶ Anualmente este sector genera aproximadamente 575.000 empleos directos (temporales y permanentes) los que se distribuyen entre trabajos prediales y agroindustriales.

⁷ Asumiendo que los trabajadores temporales trabajan entre 2 y 3 meses al año.

Gráfico 3: % producido/exportado por industria por 5 empresas principales



Fuente: Elaboración propia Cerda (2019) Meller (2019) y Parodi (2019)

Notas: (1) Fruticultura se calcula por US\$ exportado, (2) Salmón por Toneladas producidas, (3) Cobre por toneladas producidas.

actividad con los dos sectores antes señalados, se aprecia que el sector frutícola es mucho más diversificado geográficamente (Gráfico 2).

A nivel de concentración de propiedad, este sector ha mostrado un proceso de desconcentración. En la temporada 1992-93 el 50% de las exportaciones frutícolas fue efectuada por el top 5 de exportadores relevantes, en la temporada 2017-18 esta cifra disminuyó a un 21%. A nivel intersectorial la comparación también es positiva, como se aprecia en el Gráfico 3 el sector frutícola es mucho más atomizado que el cobre y el salmón.

En los últimos años las hectáreas frutícolas en Chile han aumentado sostenidamente, pasando de

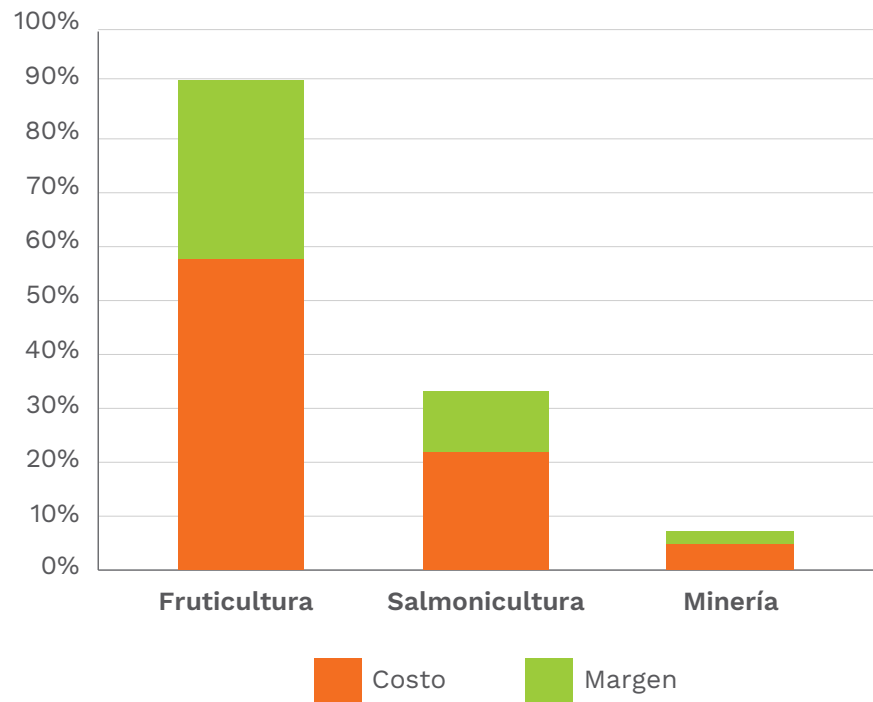
representar 186 mil hectáreas el año 2000, a superar las 342 mil el año 2019. Si bien es cierto que este aumento puede deberse a distintos fenómenos, existe consenso en que la sustitución de la agricultura tradicional por la fruticultura de exportación ha sido clave. De esta forma un ejercicio alternativo para ver el potencial de desarrollo que brinda el sector es comparar el producto o mejor dicho la valoración del producto de una hectárea frutícola con usos de suelo ligados a la agricultura tradicional. Como observamos en el Gráfico 4, el ingreso bruto producido por una hectárea frutícola “promedio” es considerablemente más alto que el producido por una hectárea representativa de cultivos hortícolas y tradicionales. Si bien es cierto, el gráfico no presenta la distribución del monto total, distribuido entre diversos agentes y fases, este es

considerablemente mayor en el caso de la fruticultura. En otras palabras, la productividad por hectárea es mucho mayor en el sector frutícola en comparación a los cultivos anuales (representados aquí por cereales y hortalizas).

En síntesis, la fruticultura no sólo muestra interesantes particularidades respecto a otras industrias intensivas en recursos naturales a nivel de concentración de propiedad, diversificación geográfica, generación de empleo y diversificación productiva. Esta industria también presenta

un importante diferencial a nivel productivo (medido en \$ por hectárea) en comparación a los cultivos tradicionales. Las características antes señaladas dotan a la fruticultura de un importante potencial como motor de desarrollo. Sin embargo, para aprovechar estas potencialidades no sólo es pertinente estudiar factores determinantes de su crecimiento a futuro, es fundamental también comprender las claves para su sustentabilidad a nivel medioambiental y comprender de mejor manera las dinámicas e impacto que genera a nivel social.

Gráfico 4: Ingreso bruto/hectárea por tipo de cultivo



Fuente: Elaboración propia en base Matrix (2020) y ODEPA

Notas: (1) Fruta es calculado como el promedio ponderado por superficie del ingreso y costos de cada especie. Para hortalizas se sigue la misma metodología utilizando choclo lechuga y tomate, y maíz y trigo para cultivos cereales.

(2) El valor presentado representa el ingreso bruto pagado al productor, lo que no incorpora por ejemplo actividades de packing y exportación en el caso de la fruta.

II Huella económica

En esta sección se estima la huella económica del sector frutícola sobre la economía nacional. Para esto, se busca responder cuál es el impacto agregado de la fruticultura en la economía total, considerando sus efectos directos sobre indicadores económicos claves (valor agregado y empleo); así como sus efectos indirectos al considerar sus encadenamientos productivos, es decir, sus efectos sobre otros sectores relacionados de la economía.

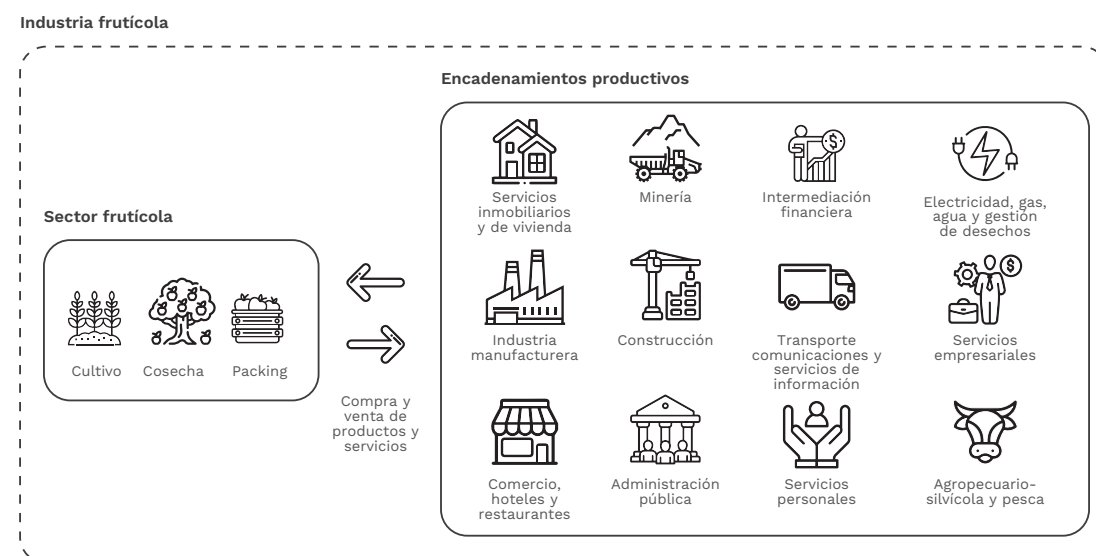
Cuando se habla del sector frutícola, la clasificación habitual incluye la producción de fruta desde la etapa de cultivo de árboles y plantas frutícolas, hasta la cosecha, preparación y empaquetado de la fruta fresca para mercados primarios, es decir, desde la etapa de campo hasta el packing y comercialización. Sin embargo, sabemos que la producción frutícola está estrechamente relacionada con la producción de otros sectores, y no puede ser entendida como un sector aislado del resto de la economía. Es por esto que el valor del sector frutícola entregado por estimaciones de Cuentas Nacionales subestima su impacto, y se requieren pasos adicionales para obtener su efecto total.

Llamaremos industria frutícola (en contraste con sector frutícola) al agregado entre el sector frutícola y a las actividades relacionadas a su producción, es decir, la suma entre el sector frutícola y sus encadenamientos productivos (ver Ilustración 1). Lo que buscamos es estimar el tamaño total de la industria frutícola.

Por lo tanto, la industria frutícola incluye el ciclo completo de producción de fruta fresca, desde el cultivo, cosecha y empaque; así como las actividades de apoyo a la agricultura (subsector de Actividades de apoyo a la agricultura y ganadería), la producción y compra de insumos químicos y maquinaria agrícola y la elaboración posterior de productos agroindustriales (sector manufacturero), actividades de construcción para el acondicionamiento de terrenos (sector de construcción), actividades de compraventa asociadas a la fruticultura (sector de comercio), servicios de transporte (sector de transporte), entre otras⁸.

⁸ Para más detalle, revisar la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) revisión 4 (Naciones Unidas, 2009)

Ilustración 1. Sector frutícola y sus encadenamientos productivos



Fuente: Elaboración propia

Para realizar esta estimación se utiliza la Matriz de Insumo-Producto, con la cual es posible medir y analizar las relaciones intersectoriales, y la Metodología de Extracción Hipotética (MEH). Con esta, se puede medir el impacto que tiene la producción de un sector sobre los demás sectores y, de esta manera, sobre la economía en su conjunto. En el Anexo 1 se explica en mayor detalle los aspectos metodológicos: datos a utilizar, en qué consisten las matrices de insumo-producto, y cómo se utilizarán para medir la huella económica de la fruticultura sobre la economía nacional a través de la metodología de extracción hipotética.

II.1 Huella económica de la industria frutícola

Dada la metodología y los ajustes descritos, se estima que el valor agregado total de la industria frutícola, es decir, el valor neto agregado a la producción nacional, corresponde a US\$4.681 millones de dólares anuales (dólares promedio de 2017),

equivalentes a un 1,9% del total de la economía total y 58,6% del sector agrícola⁹ (ver Tabla 1). Por otra parte, el empleo total en meses equivalentes generado por la industria de 220.905 empleos anuales¹⁰ (2,7% del total nacional y 53,8% del sector agrícola).

Tabla 1. Valor de la producción, valor agregado y empleo de sector frutícola (2017)

	Valor agregado (US\$ MM)	Empleo (anual equivalente)
Efectos directos	Arándano	25
Efectos indirectos	Cereza	35
Tamaño total	Kiwi	15
Efecto multiplicador	Limón	0
Participación en economía	Manzana	12
Participación en sector agrícola	Palta	6

Fuente: Elaboración propia en base a estadística de Cuentas Nacionales, y estimaciones de empleo de (Pino A. & Fuentes N., 2018). Nota: Dólar observado anual de 2017.

Estos valores incluyen la producción considerando al sector mismo y a sus encadenamientos productivos. Por lo mismo, estos valores se pueden descomponer en efectos directos, correspondientes al valor

⁹ Sector agrícola construido a partir de la suma de los subsectores de Cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras, Cultivo de hortalizas y productos de viveros, Cultivo de uva vinífera, Sector frutícola y Actividades de apoyo a la agricultura y ganadería; considerando sus encadenamientos productivos estimados a través del MEH.

¹⁰ Medido en meses equivalentes. Es decir, una persona que trabaja los 12 meses del año es 1 empleo, mientras que 3 meses corresponden a 1/4 de empleo

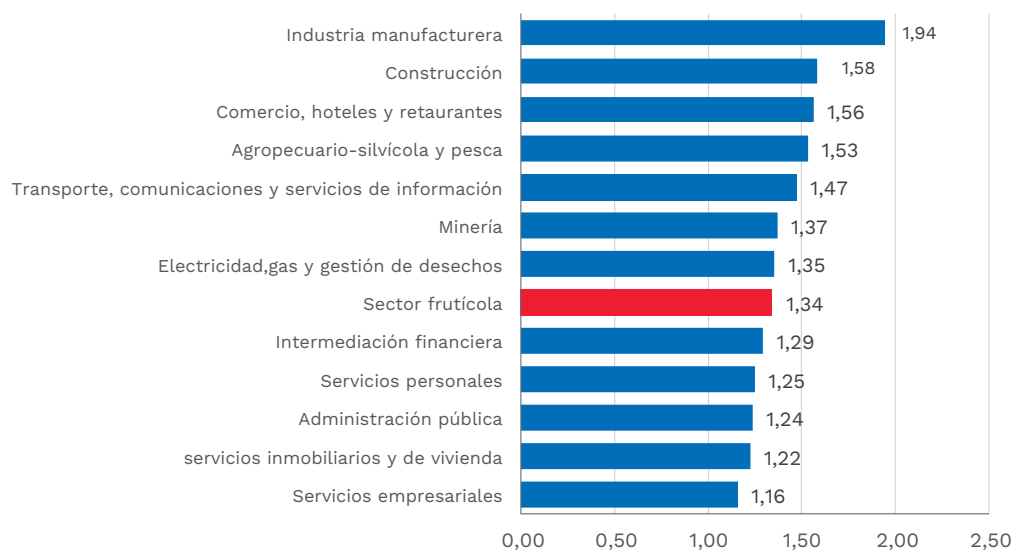
de la producción, al valor agregado y al empleo, utilizados en el mismo sector; y en efectos indirectos, correspondientes a la producción de sectores relacionados a través de encadenamientos productivos¹¹.

Así, el valor agregado total se puede descomponer en US\$3.464 millones del sector frutícola mismo, asociados a la producción destinada a satisfacer la demanda final y al consumo intermedio de otros sectores; y US\$1.217 millones de otros sectores, relacionados a través de encadenamientos productivos. En términos de empleo, las cifras son 176.953 y 43.952, respectivamente. Como resultado, los efectos multiplicadores asociados a los encadenamientos productivos del sector son de 1,34 para el valor agregado y 1,25 del empleo. Es decir, por cada peso generado por el sector frutícola en términos de valor agregado, se producen 0,34 en otros sectores gracias a sus encadenamientos productivos. De igual manera, por cada empleo generado por el sector, se generan 0,25 en otros asociados.

Al comparar con otros sectores productivos, el sector frutícola se ubica en el puesto 8 en términos del tamaño de sus encadenamientos productivos (de 13 categorías) según valor agregado (ver Gráfico 5), siendo superado por el sector Minero (1,37) y por el sector Agropecuario-silvícola y Pesca excluyendo al sector frutícola (1,53). De igual manera, se encuentra en la novena posición en términos de efectos multiplicadores según empleo (ver Gráfico 6), esta vez superando al sector Agropecuario-silvícola y Pesca.

Por otra parte, los sectores productivos con mayor vinculación a través de encadenamientos productivos al sector frutícola, en términos de valor agregado y empleo (ver Tabla 2), son los sectores Agropecuario-silvícola y Pesca (US\$232M y 14.195 empleos); y Comercio, hoteles y restaurantes (US\$228M y 13.663 empleos). El tercer lugar lo ocupa Intermediación financiera (US\$157M y 1.830 empleos) en términos de valor agregado; y Transporte, comunicaciones y servicios de información (US\$133M y 5.125) en términos de empleo.

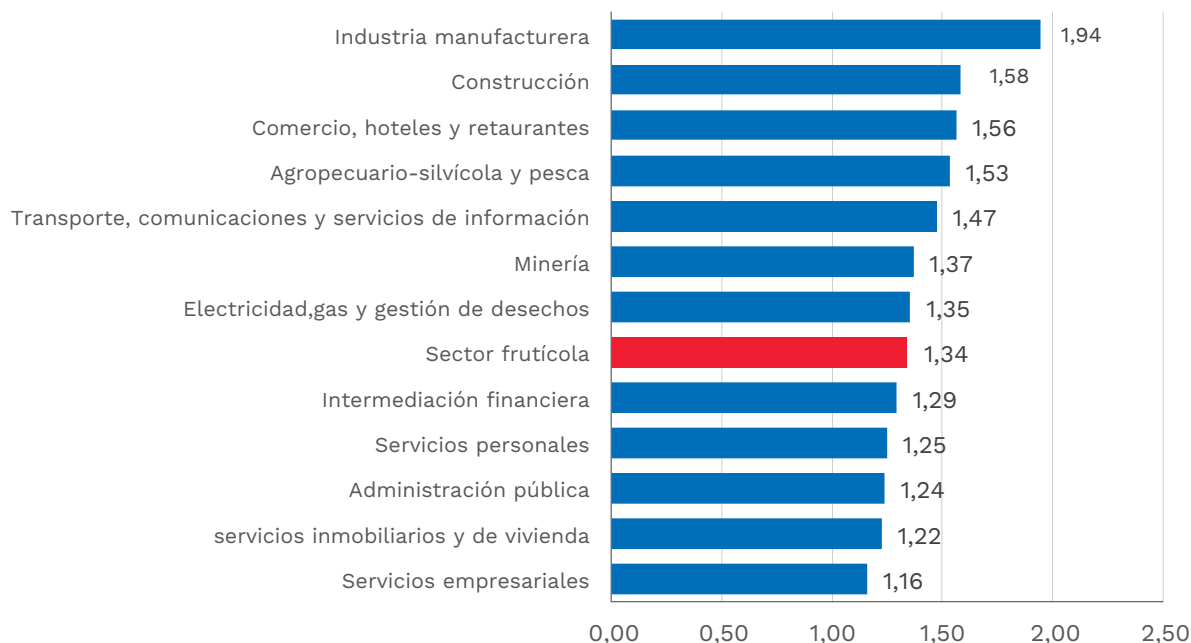
Gráfico 5. Efectos multiplicadores sobre valor agregado, según sectores productivos (2017)



Fuente: Estimaciones propias en base a estadística de Cuentas Nacionales

¹¹ La producción del sector frutícola destinada al consumo intermedio de otros sectores también podría ser considerado parte de los encadenamientos productivos del sector, sin embargo, se sigue la recomendación de Miller & Lahr (2001), quienes argumentan que es más apropiado no considerar los efectos en el sector mismo como parte de los encadenamientos productivos, sino solo el efecto sobre otros sectores.

Gráfico 6. Efectos multiplicadores sobre empleo, según sectores productivos (2017)



Fuente: Estimaciones propias en base a estadística de Cuentas Nacionales, y estimaciones de empleo de (Pino A. & Fuentes N., 2018).

Tabla 2. Valor agregado y empleo de sectores relacionados por encadenamientos productivos, agregación a 12 sectores (2017)

	Valor agregado (US\$ MM)	Empleo (anual equivalente)
Agropecuario-silvícola y Pesca	232,4	14.195
Comercio, hoteles y restaurantes	228,4	13.663
Intermediación financiera	157,0	1.830
Servicios empresariales	150,5	2.542
Transporte, comunicaciones y servicios de información	133,3	5.125
Industria manufacturera	98,1	4.403
Minería	79,5	531
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	45,2	619
Servicios inmobiliarios y de vivienda	44,5	175
Construcción	11,6	398
Servicios personales	5,1	309
Administración pública	4,6	163

Fuente: Estimaciones propias en base a estadística de Cuentas Nacionales, y estimaciones de empleo de (Pino A. & Fuentes N., 2018). Nota: Dólar observado anual de 2017.

La productividad del sector frutícola, medida como el valor agregado generado por empleo equivalente, es de US\$21.071 dólares por trabajador (dólar observado anual de 2017), lo que la sitúa en la posición 10 de 13 sectores de menor productividad. Esto no sorprende si se considera que el sector frutícola es relativamente más intensivo en trabajo que en capital, en comparación con otros sectores de mayor productividad, como lo es la minería (US\$133.876 por trabajador) y los Servicios inmobiliarios y de vivienda (US\$ 277.723 por trabajador). Para obtener estimaciones comparables de productividad se debe considerar el capital y otros factores utilizados en proceso productivo, pero no se cuenta con datos en este estudio para realizar dichas estimaciones.

Tabla 3. Productividad según sector productivo, agregación a 13 sectores (2017)

Sector productivo	Productividad (US\$/ empleo anual equivalente)
Sector frutícola	21.071
Agropecuario-silvícola y Pesca	12.830
Minería	133.876
Industria manufacturera	28.425
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	84.684
Construcción	25.656
Comercio, hoteles y restaurantes	16.759
Transporte, comunicaciones y servicios de información	29.441
Intermediación financiera	77.993
Servicios inmobiliarios y de vivienda	277.723
Servicios empresariales	59.150
Servicios personales	17.731
Administración pública	28.502

Fuente: Estimaciones propias en base a estadística de Cuentas Nacionales, y estimaciones de empleo de (Pino A. & Fuentes N., 2018). Nota: Productividad medida como valor agregado por empleo equivalente, Dólar observado anual de 2017

III Huella socioeconómica

II.1 Datos

Para las estimaciones de esta sección se utilizan las siguientes bases de datos:

- Superficie plantada y producción frutícola por especie, comuna y año, provenientes de Catastros Frutícolas levantados por CIREN-ODEPA
- Población por comuna y año, provenientes de estimaciones de INE a partir de datos censales
- Características socioeconómicas de la población a nivel de individuos, provenientes de datos CASEN 2003, 2006, 2009, 2013, 2015 y 2017
- Mapas terrestres con tipología simplificada de paquete estadístico Chilemapas (Vargas, y otros, 2020)
- Índices de precios al consumidor por año, estimados por el Instituto Nacional de Estadísticas

Dado que la región de O'Higgins no se encuentra presente en los catastros frutícolas en el período de análisis 2011-2014, se realizó una imputación de dichos valores como el promedio de la superficie plantada y la producción entre los años 2009 y 2015, a nivel de comuna, especie y método de riego.

III.2 Categorización de comunas y estadística descriptiva

Adicionalmente a la generación de empleo y a los encadenamientos productivos la actividad frutícola genera diversos impactos a nivel socioeconómico. Esta sección lleva a cabo un análisis descriptivo de variables socioeconómicas definidas como relevantes en las comunas que relativamente presentan una

¹² Si bien es cierto a nivel cuantitativo no se puede establecer la causalidad de esta relación i.e., si la actividad frutícola es responsable por variaciones en variables socioeconómicas sobre la población, es posible a través de estadística descriptiva realizar una caracterización de la población en las comunas que presentan mayor intensidad relativa de esta actividad.

mayor intensidad frutícola¹², dicho de otra forma el objetivo de esta sección es comprender y describir las características de la población en las zonas donde esta actividad económica es más intensiva.

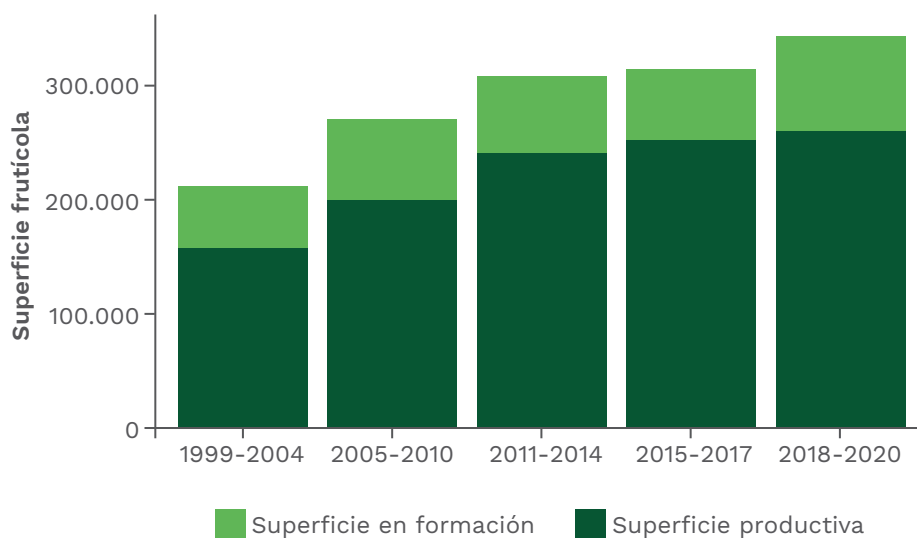
Debido a que la caracterización a realizar en esta sección es a nivel socioeconómico, lo ideal sería contar con indicadores comunales del peso relativo de la industria a nivel productivo o empleo como por ejemplo PIB frutícola/PIB total o empleo frutícola/empleo comunal. Sin embargo, este tipo de datos no se encuentran disponibles. Considerando esta limitante, la intensidad frutícola de una comuna será calculada en base a la razón entre la superficie frutícola productiva de dicha comuna y su número de habitantes.

Respecto a la superficie frutícola, se utiliza el total de la superficie frutícola

en producción en cada comuna y no la superficie total ya que tanto a nivel de producto como a nivel de empleo el mayor impacto de los huertos se observa con un rezago dado el tiempo que toma a los huertos el volverse productivos. El Gráfico 7, presenta la evolución de la superficie frutícola en Chile desde en un periodo cercano a los 20 años. En este lapso, las hectáreas frutícolas pasan de ser 211.039 para los años 1999-2004 a 343.907 para los años 2018-2020.

Una vez definido el indicador a utilizar es necesario establecer los cortes para la categorización de las comunas en distintos niveles de intensidad frutícola. Con esta finalidad, para los 5 periodos con información se calcula el promedio de intensidad frutícola nacional¹³, definido como la división entre la cantidad de hectáreas productivas y la población total en cada periodo. Una vez calculado este ratio se procede a categorizar a las

Gráfico 7: Evolución superficie frutícola en Chile



Fuente: Elaboración propia en base a Ciren-ODEPA

¹³ Para el periodo 2018-2020 este ratio fue de 13,6 has/mil habitantes

comunas en cada periodo según la siguiente clasificación:

- **Comuna no frutícola:** Ratio superficie/población menor al promedio nacional.
- **Comuna de intensidad frutícola media baja:** Ratio superficie/población superior al promedio nacional y menor que el doble del promedio nacional.
- **Comuna de intensidad frutícola media alta:** Ratio superficie/población superior al doble del promedio nacional y menor que el cuádruple del promedio nacional.
- **Comuna de intensidad frutícola alta:** Ratio superficie/población superior al cuádruple del promedio nacional.

el porcentaje acumulado de estas variables y el eje horizontal está representado por distintos valores de intensidad frutícola (hectáreas por mil habitantes). En cada punto el valor de cada variable es el porcentaje de población, superficie o comunas que está por sobre la intensidad frutícola definida. De esta forma se puede apreciar que las comunas que presentan una intensidad frutícola alta (4 veces el promedio) representan casi un 75% de la superficie frutícola nacional, en ellas vive un 8% de la población y son el 20% del total de comunas a nivel nacional. El desglose de la población y el número de comunas por nivel de intensidad frutícola a nivel regional y nacional son presentados en la Tabla 4 y Tabla 5.

El Gráfico 8, presenta la distribución acumulada de la (i) población total, (ii) número de comunas y (iii) superficie frutícola. El eje vertical representa

Gráfico 8: Distribución % de comunas, población y superficie frutícola según Has por habitante

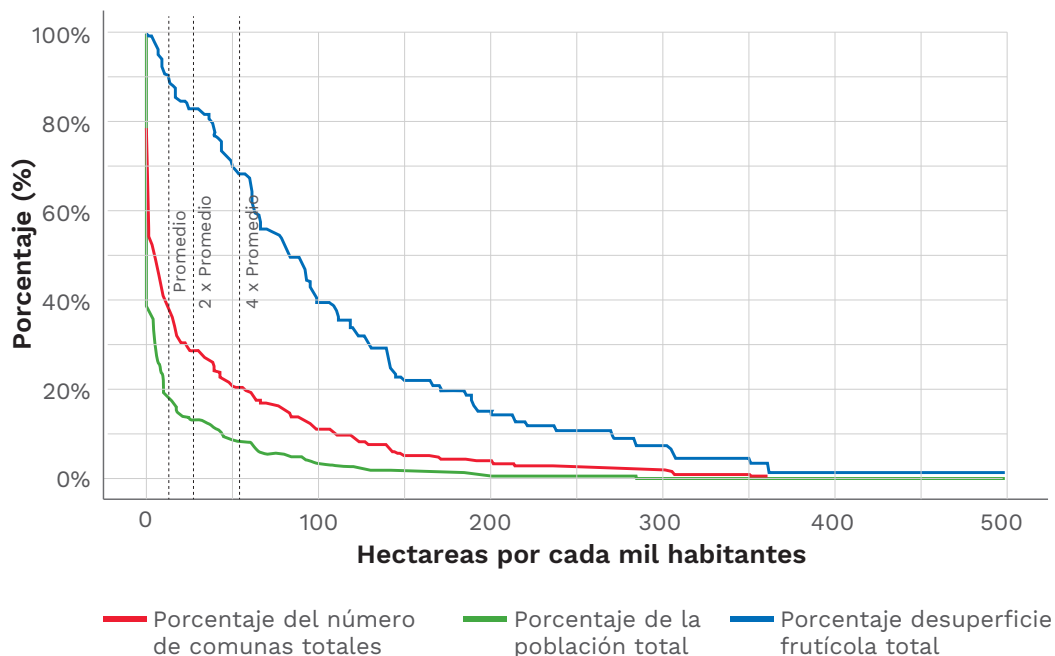


Tabla 4: Población categorías de intensidad frutícola y región (circa 2018)

Región/Rango	No frutícola		Media baja		Media alta		Alta	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Arica y Parinacota	247.016	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Tarapacá	363.131	98%	0	0%	5.742	2%	0	0%
Antofagasta	668.480	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Atacama	253.587	81%	19.145	6%	18.689	6%	19.863	6%
Coquimbo	516.347	63%	27.416	3%	73.395	9%	204.520	25%
Valparaíso	1.401.906	72%	174.304	9%	119.717	6%	239.410	12%
Metropolitana de Santiago	7.280.732	92%	119.796	2%	211.758	3%	302.101	4%
Libertador General B. O'Higgins	351.115	36%	22.384	2%	138.754	14%	466.552	48%
Maule	467.940	42%	154.432	14%	188.030	17%	308.470	28%
Ñuble	313.426	62%	119.082	23%	47.265	9%	28.145	6%
Biobío	1.609.116	97%	30.970	2%	14.548	1%	0	0%
La Araucanía	728.359	72%	194.556	19%	51.890	5%	33.104	3%
Los Ríos	298.886	74%	104.509	26%	0	0%	0	0%
Los Lagos	859.566	97%	10.547	1%	14.304	2%	0	0%
Aysén del Gral C. Ibáñez del Campo	101.571	95%	0	0%	5.095	5%	0	0%
Magallanes y de la Antártica Chilena	175.971	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	15.637.149	82%	977.141	5%	889.187	5%	1.602.165	8%

Tabla 5: Número de comunas por categorías de intensidad frutícola y región (circa 2018)

Región/Rango	No frutícola		Media baja		Media alta		Alta	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Arica y Parinacota	4	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Tarapacá	6	86%	0	0%	1	14%	0	0%
Antofagasta	9	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Atacama	4	44%	1	11%	2	22%	2	22%
Coquimbo	4	27%	2	13%	3	20%	6	40%
Valparaíso	19	50%	3	8%	2	5%	14	37%
Metropolitana de Santiago	39	75%	2	4%	4	8%	7	13%
Libertador General B. O'Higgins	5	15%	1	3%	4	12%	23	70%
Maule	10	33%	3	10%	3	10%	14	47%
Ñuble	11	52%	6	29%	3	14%	1	5%
Biobío	30	91%	1	3%	2	6%	0	0%
La Araucanía	19	59%	7	22%	3	9%	3	9%
Los Ríos	7	58%	5	42%	0	0%	0	0%
Los Lagos	28	93%	1	3%	1	3%	0	0%
Aysén del Gral C. Ibáñez del Campo	9	90%	0	0%	1	10%	0	0%
Magallanes y de la Antártica Chilena	11	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	215	62%	32	9%	29	8%	70	20%

La distribución geográfica de la intensidad frutícola por comunas se presenta en la Figura 1. Como es de esperar la mayoría comunas de alta intensidad frutícola está concentrada entre la región de Coquimbo y la región del Maule. Sin embargo, la distribución del ratio superficie/población permite observar cómo incluso en la Región de Aysén existe actividad frutícola catalogada como de intensidad media alta (Chile Chico). Tanto en la Tabla 5 como en la Figura 1 se aprecia como según la clasificación elaborada sólo tres regiones poseen comunas catalogadas como no frutícolas, Arica y Parinacota, Antofagasta y Magallanes y de la Antártica Chilena. En cuanto a la distribución de la población la región con mayor cantidad de personas viviendo en comunas de alta intensidad de frutícola es la Región del Libertador General B. O'Higgins (48%), seguida por Maule (28%) y Coquimbo (25%) (ver Tabla 4).

Para generar estadísticas descriptivas de la población de las comunas catalogadas por distintos niveles de intensidad frutícola, la clasificación desarrollada se imputa a cada observación (individuo) de la Encuesta de caracterización socioeconómica nacional (CASEN). De esta forma la estadística descriptiva presentada a continuación es obtenida utilizando la encuesta CASEN y agrupando a los individuos según la clasificación de intensidad frutícola de su comuna de residencia dependiendo del periodo bajo análisis. El Gráfico 9 presenta la división de la población mayor de 18 años por nivel educacional según la intensidad frutícola de su comuna. Podemos observar como las comunas de alta intensidad frutícola presentan relevantes diferencias respecto a las no frutícolas en cuanto a la distribución del nivel educacional de sus habitantes. En particular solo un 9.7% de los mayores de edad

Figura 1: Distribución geográfica de intensidad frutícola

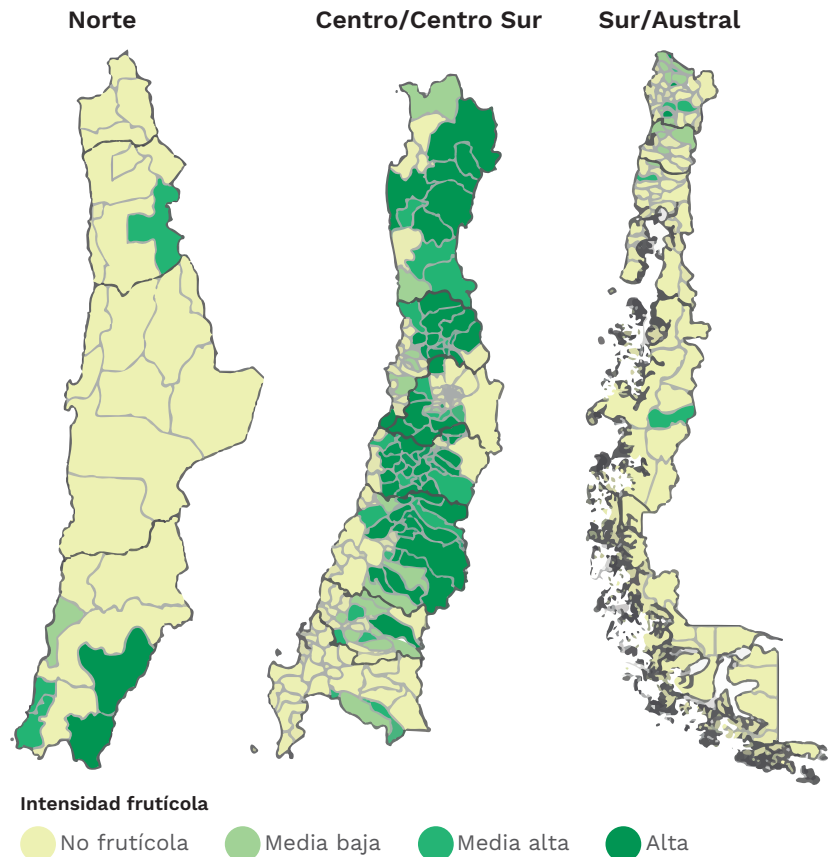
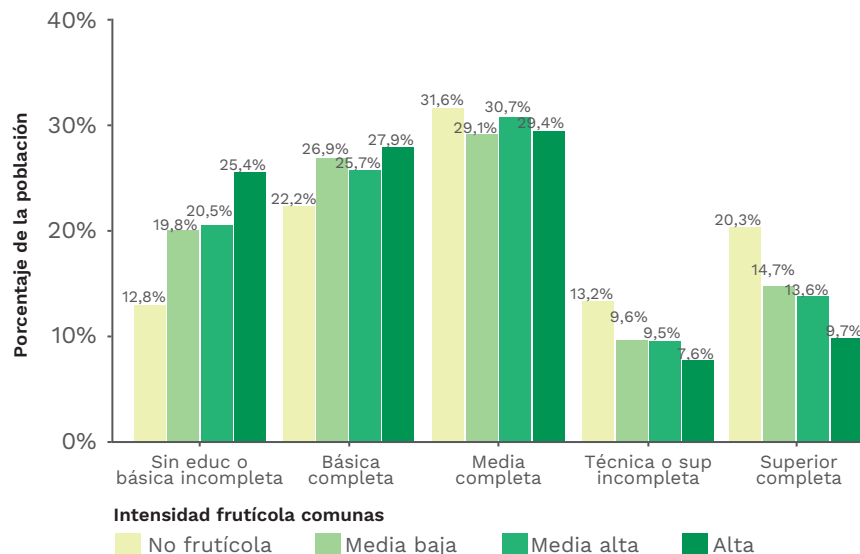


Gráfico 9: Nivel educacional de la población según tipo de comuna



que habita en las comunas con alta intensidad frutícola posee educación superior completa lo que contrasta con el porcentaje de la población que posee este nivel educacional en las comunas no frutícolas (20,3%). Adicionalmente, en las comunas de intensidad frutícola alta un 25,4% de sus habitantes no poseen educación formal o cursaron educación básica incompleta, porcentaje que es aproximadamente la mitad (12,8%) en las comunas no frutícolas.

Adicionalmente a contar con una población con menor nivel educacional promedio, las comunas frutícolas presentan una distribución etaria de la población distinta a la del resto de las comunas. En efecto, en las comunas no frutícola el porcentaje de la población en el grupo etario entre 18 y 35 años es el 27,2% de la población, mientras que en las comunas de alta intensidad este grupo representa el 24,2%. Como se observa en el Gráfico 10 a medida que aumenta la

Gráfico 10: Porcentaje de la población entre 18-35 años por tipo de comuna (2017)

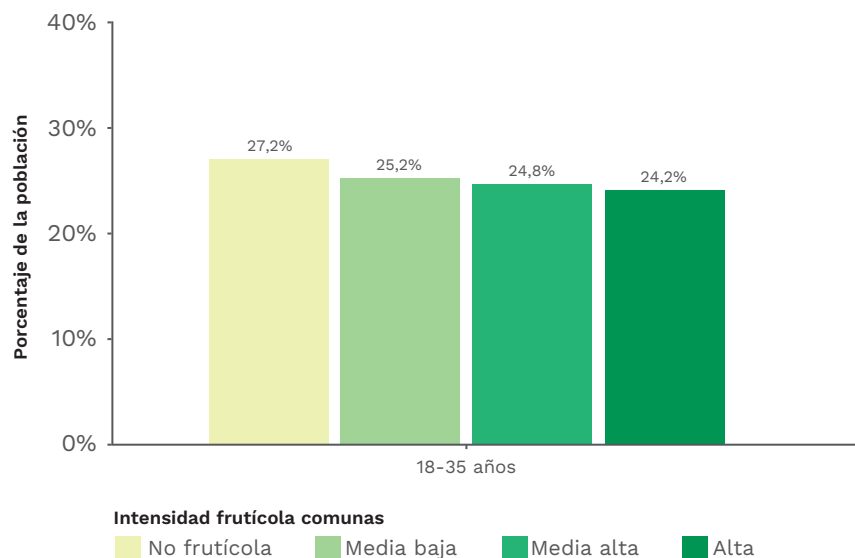
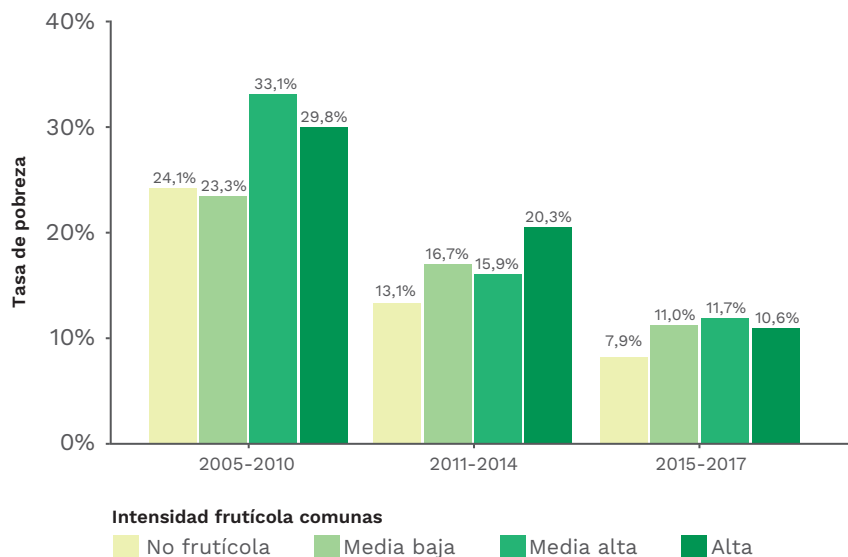


Gráfico 11: Tasa de pobreza por tipo de comuna y periodo

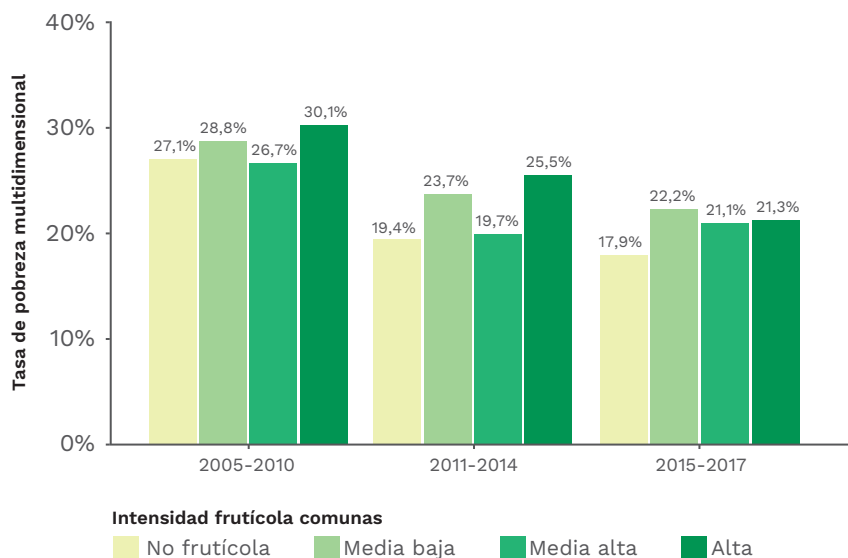


intensidad frutícola el porcentaje de la población representada por este grupo etario disminuye. Este fenómeno está posiblemente relacionado con la migración campo ciudad, la cuál es particularmente relevante entre los jóvenes (Vasquez & Vallejos, 2014).

pobreza multidimensional en los grupos de comunas según intensidad y periodo. Los resultados de ambos gráficos son consistentes mostrando dos tendencias: (i) disminución en ambas tasas de pobreza en el tiempo en los cuatro tipos de comunas y (ii) mayores tasas de pobreza por ingresos y multidimensional en las comunas frutícolas en comparación con las catalogadas como no frutícolas.

El Gráfico 11 y el Gráfico 12 presentan la tasa de pobreza por ingresos y

Gráfico 12: Tasa de pobreza multidimensional por tipo de comuna y periodo



Las cifras y evolución mediana del ingreso del hogar por comuna (Gráfico 13) está alineado con los resultados presentados en los gráficos anteriores. En efecto, esta variable presenta una tendencia creciente en el tiempo y en cada periodo las mayores cifras de la mediana del ingreso mediano del hogar corresponden a las comunas catalogadas como no frutícolas.

Respecto a la tasa de participación laboral, las comunas no frutícolas presentan una tasa de participación laboral menor a las clasificadas como frutícolas, en efecto la tasa de participación laboral disminuye al aumentar la categoría de intensidad frutícola (Gráfico 14).

En resumen, al comparar las comunas calificadas como de alta intensidad frutícola con el resto del país, éstas poseen población con un menor nivel educacional, una menor proporción de habitantes jóvenes y mayores tasas de pobreza a nivel de ingresos y multidimensional y una menor tasa de participación laboral y menor ingreso mediano

del hogar. Como mencionamos anteriormente, estas la mayor cantidad de la actividad frutícola (70% de la superficie) se desarrolla en este tipo de comunas catalogadas como de intensidad frutícola alta. Sin embargo, estos resultados deben ser analizados cuidadosamente, ya que la estadística presentada no implica que las menos deseables estadísticas socioeconómicas mostradas por las comunas frutícola sean consecuencia de la presencia de esta actividad. En efecto, solo se puede concluir que esta actividad economía se desarrolla prioritariamente en comunas con estas características.

Las menores tasas de participación laboral o la mayor incidencia de la pobreza en las comunas con mayor intensidad frutícola pueden estar relacionadas a características de las comunas donde la actividad frutícola es más relevante. El Gráfico 15 presenta las tasas de ruralidad de las comunas de distinta intensidad frutícolas para el año 2017, se puede apreciar como hay una directa relación entre la tasa de ruralidad y la categoría de intensidad frutícola. El promedio de

Gráfico 13: Mediana ingreso del hogar por tipo de comuna

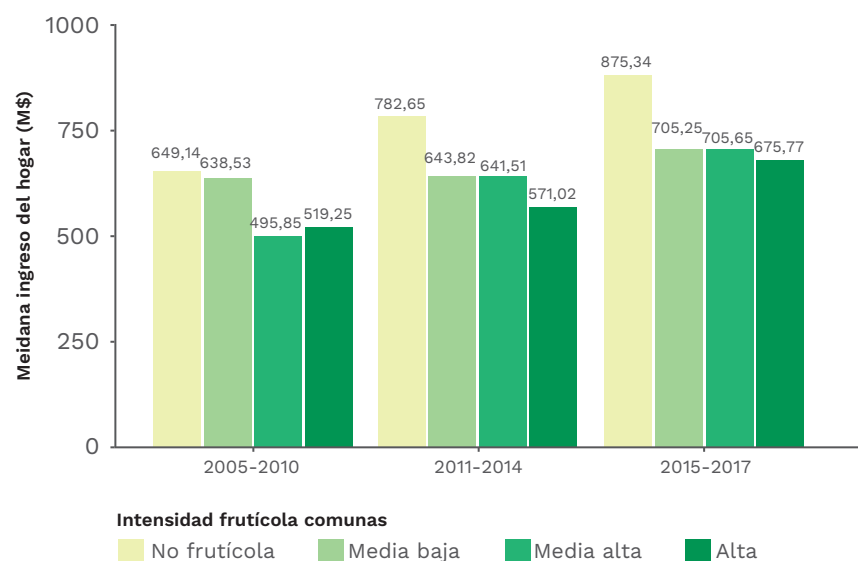
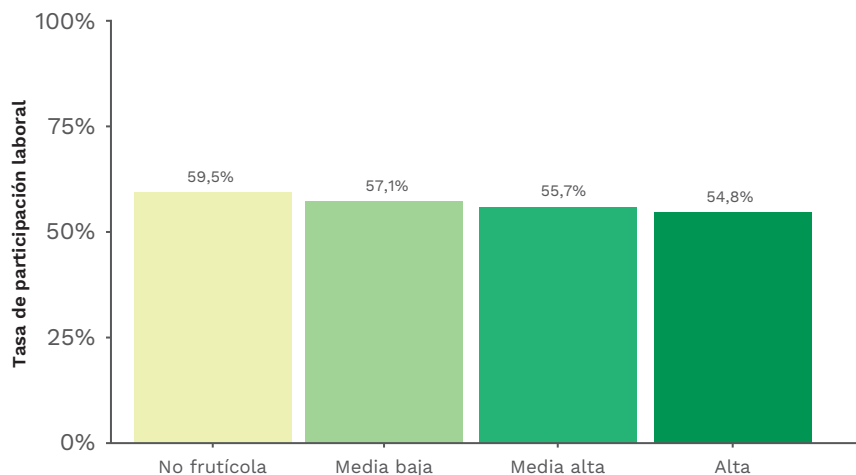


Gráfico 14: Tasa de participación laboral por tipo de comuna (2017)

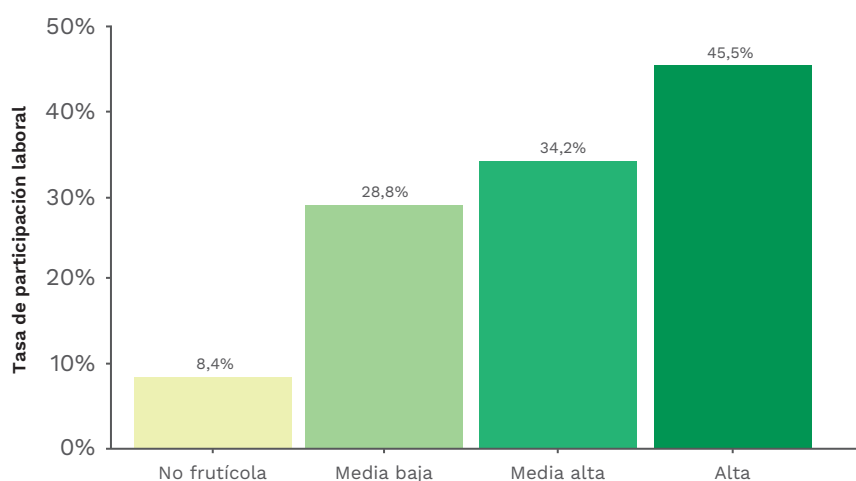


ruralidad de las comunas catalogadas como no frutícolas es 8,4% mientras que en las comunas de alta intensidad frutícola esta cifra alcanza el 45,5%. Considerando este resultado y para aumentar la comparabilidad de las observaciones, los indicadores socioeconómicos presentados se recalculan incluyendo sólo comunas como una tasa de ruralidad superior al 30%¹⁴.

Los resultados obtenidos contrastan con el análisis anterior. Al seleccionar comunas con una tasa de ruralidad superior al 30%, mayores niveles de intensidad frutícola están relacionados con mejores indicadores socioeconómicos. Por ejemplo, el Gráfico 16 y el Gráfico 17 presentan la media del ingreso del hogar y la mediana del ingreso laboral femenino por categoría de comuna. En ambos casos las comunas de intensidad frutícola alta muestran mayores cifras de ingreso que las no frutícolas en todos los periodos bajo análisis, tendencia opuesta a los resultados del Gráfico 13.

Respecto a la tasa de pobreza de ingreso y multidimensional, al analizar su comportamiento en comunas con más de 30% de ruralidad, la intensidad frutícola presenta una correlación negativa con ambas tasas de pobreza, tendencia que es consistente en todos los periodos bajo análisis. Por

Gráfico 15: Tasa de población que vive en zonas rurales por tipo de comuna (2017)



¹⁴ Similar al promedio de ruralidad de las comunas catalogadas como de intensidad frutícola media baja

ejemplo, en el último periodo bajo análisis en este subconjunto de comunas, la tasa de pobreza a nivel de ingreso fue 4,5 puntos porcentuales más baja en comunas de intensidad frutícola alta que en las comunas no frutícolas, esta diferencia fue de 5,1 puntos porcentuales en el caso de pobreza multidimensional. Finalmente, respecto a las tasas de participación laboral la tendencia presentada en el gráfico Gráfico 14 también cambia y una vez filtrado por comunas con un porcentaje de ruralidad superior al 30%, no se observa una tendencia clara entre el nivel de intensidad frutícola y la participación laboral promedio.

Gráfico 16: Mediana ingreso del hogar en comunas con más de 30% de población rural

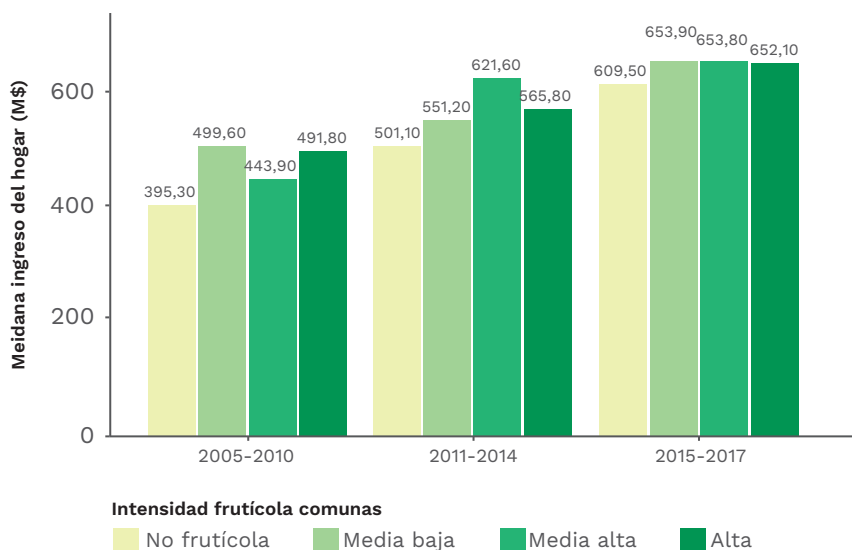


Gráfico 17: Mediana ingreso laboral femenino en comunas con más del 30% de población rural

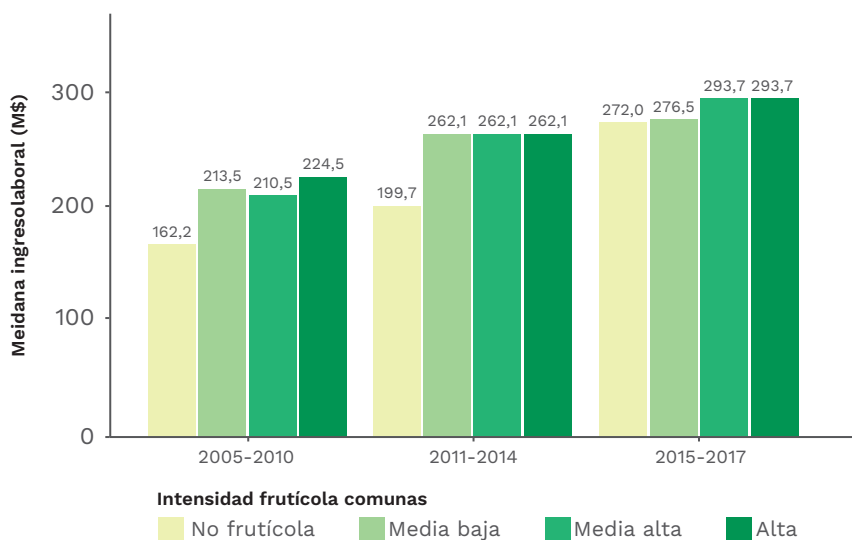


Gráfico 18: Tasa de pobreza en comunas con más de 30% de población rural

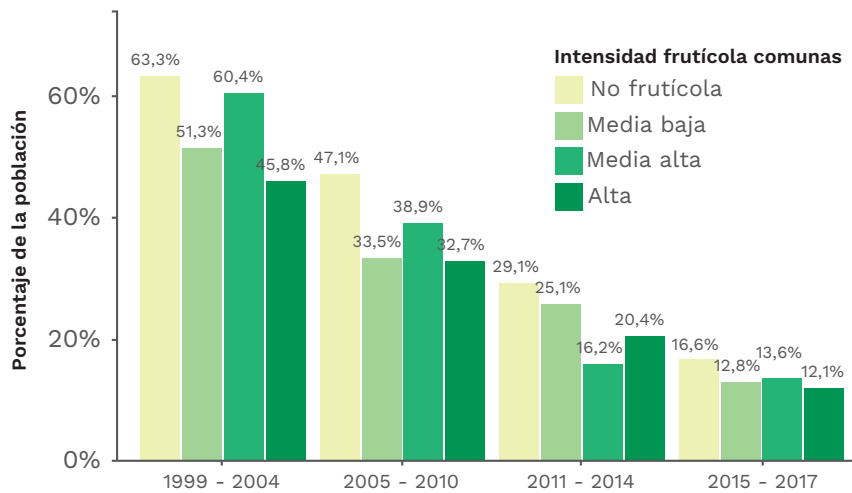


Gráfico 19: Tasa de pobreza multidimensional en comunas con más de 30% de población rural

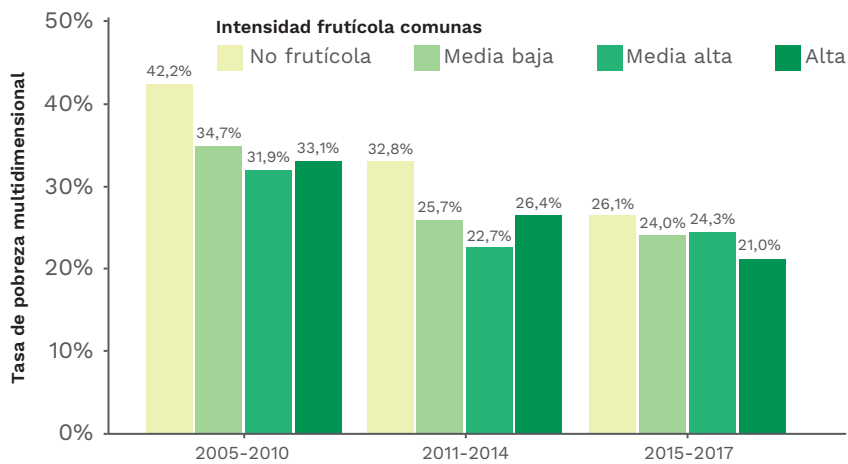
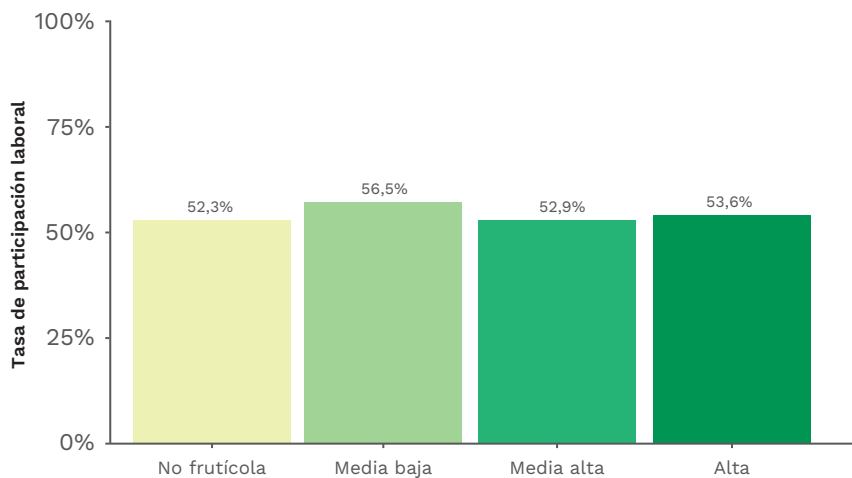


Gráfico 20: Tasa participación laboral comunas con más de 30% de población rural (2017)



Anexo 1: Metodología de extracción hipotética

Datos

Para realizar las estimaciones asociadas a los efectos directos e indirectos del sector frutícola se utilizan datos de la Matriz de Insumo-Producto (MIP) con 111x111 sectores, actualizada en su versión 2017, realizadas por el Banco Central de Chile. El sector frutícola relevante para este estudio no puede ser identificado directamente a partir de la clasificación en 111 sectores¹⁵, utilizada en la matriz de insumo-producto, por lo que es necesario realizar ajustes y supuestos para obtener el valor de la producción y del empleo del sector.

Se toma como punto de partida el agregado de 2 actividades, según la clasificación en 111 códigos de actividades: “Cultivo de uva” y “Cultivo de otras frutas”. Aunque la suma de ambos sectores es una buena aproximación al sector frutícola general, éste incluye productos que no se pueden considerar parte de la producción de fruta fresca. En particular, la actividad “Cultivo de uva” incluye la producción de “uva vinífera y pisquera”.

Para remover este ítem del sector frutícola, se utilizan las estimaciones realizadas por Cuentas Nacionales a nivel de producto, en términos de consumo intermedio por sector y de demanda neta final por componente. Dado que no se cuenta con información de partidas de valor agregado por producto, estas son estimadas según el porcentaje de la producción total de uva vinífera y pesquera en el sector “cultivo de uva”.

Debido a que no se cuenta con datos confiables de empleo a mayor desagregación. El empleo a nivel de 111 sectores es obtenido a partir del empleo según 12 sectores, ponderado por su participación en la producción total. Esto implica asumir que la intensidad de uso del factor trabajo es homogénea a nivel de subsectores.

Matriz de Insumo-Producto

Las matrices de insumo-producto se pueden definir como “un conjunto integrado de matrices, que muestran el equilibrio entre la oferta y utilización de bienes y servicios (productos). Estas matrices proporcionan un análisis detallado del proceso de producción y la utilización de los bienes y servicios que se producen en un país (o región) o que se importan del

resto del mundo, y del ingreso generado en dicha producción por las diversas actividades económicas” (Schuschny, 2005)

Las matrices que componen la matriz de insumo-producto son:

- **Matriz de demanda intermedia:** representa la actividad económica intersectorial. Ésta registra los flujos de circulación intersectorial de productos entre las distintas actividades, mostrando la utilización intermedia de los bienes y servicios en el sistema productivo.
- **Matriz de oferta total:** muestra la disponibilidad de bienes y servicios, tanto de origen doméstico como importado que serán utilizados en la demanda intermedia y la final.
- **Matriz de demanda final:** refleja las distintas fuentes de demanda para cada uno de los sectores, dentro de los cuales destaca la demanda realizada por los hogares, el sector público y exportaciones, entre otras.
- **Matriz de valor agregado:** describe las formas de pago a los factores productivos por su participación en el proceso de transformación.

El modelo de la matriz de insumo producto parte de una identidad contable: $x_i = y_i + u_i$, donde x_i corresponde al valor total de la producción del sector i , y_i al valor de la demanda final neta del sector i , y u_i al valor de la demanda intermedia del sector i . Esto es, que la producción de un sector debe ser igual a la demanda final por dicho sector y la demanda intermedia proveniente de otros sectores.

Adicionalmente se asume que existe una relación lineal entre la demanda intermedia y el valor bruto de producción, es decir, que $u_i = \sum_j a_{ij} \cdot x_j$, donde a_{ij} indica la cantidad del bien j necesaria para la producción de una unidad del bien i . A este término se le denomina coeficiente técnico o coeficiente de requerimientos directos.

Este sistema de ecuaciones puede ser expresado matricialmente para mayor simplicidad como:

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$X = Y + A \cdot X$$

Es decir, que el valor total de la producción de los bienes y servicios de un sector se pueden descomponer en aquel destinado a satisfacer la demanda neta final (Y), y

¹⁵ Se considera el cultivo, cosecha y packing de fruta fresca para su consumo. Se excluye, por lo tanto, las producciones de frutas para la producción de vino, pisco y otras bebidas; así como el destinado a la producción de aceites y otros derivados.

aquel destinado a satisfacer el consumo intermedio de otros sectores ($A \cdot X$).

Esta expresión puede ser reescrita como:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot Y$$

Esta es la representación estándar del modelo de Leontief, donde $(I - A)^{-1}$ corresponde a la matriz de Leontief o matriz de requerimientos totales. Esta ecuación nos permite expresar la producción total de los distintos sectores como función de la demanda final de cada sector, considerando no solo los efectos directos de la demanda sobre la producción, sino que también los efectos indirectos asociados a los requerimientos intermedios de otros sectores.

Cada elemento de la matriz de Leontief, representa la cantidad de producción que debería realizar el sector i , para satisfacer una unidad de demanda final neta producto j , capturando el efecto directo e indirecto de la demanda a lo largo de los distintos ciclos de requerimientos que genera.

Metodología de extracción hipotética

La metodología de extracción hipotética (MEH) presenta diferentes variantes. En el caso de este estudio se utiliza para estimar el tamaño total de los encadenamientos productivos del sector frutícola, siguiendo de cerca la notación y metodología descrita en Miller & Lahr (2001). En dicho estudio, los autores concluyen que la metodología propuesta originalmente en Paelinck, De Caemel, & Degueldre (1965) y Strassert (1968), y luego formalizada en Cella (1984), es adecuada y la mejor alternativa para la estimación del efecto total de los encadenamientos productivos.

La intuición de dicha metodología es que se asume la remoción de los sectores productivos en estudio, lo que implica remover no solo la producción del sector mismo, sino que sus encadenamientos productivos con otros sectores. Así, la diferencia entre la economía sin modificar y la economía modificada corresponde a los encadenamientos productivos del sector.

Para esto, se asume que las matrices de producción, de demanda final y los coeficientes directos son divididos en 2 grupos: el grupo 1, que será removido (sector frutícola para el caso de este

estudio); y el grupo 2, consistente en todos los demás sectores de la economía. De esta forma, el modelo de Leontief puede ser reescrito como:

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix}$$

Donde X_1 y X_2 representa la producción total del sector 1 y 2, respectivamente; Y_1 y Y_2 representa la demanda final del sector 1 y 2, y A_1 , A_{12} , A_{21} y A_{22} son submatrices que contienen los coeficientes directos de A .

De esta manera, el inverso de Leontief de la matriz particionada puede ser reescrito como:

$$L = (I - A)^{-1} = \begin{bmatrix} H & HA_{12} a_{22} \\ a_{22} A_{21} H & a_{22} \cdot (I + A_{21} HA_{12} a_{22}) \end{bmatrix}$$

En que $H = (I - A_{11} - A_{12} a_{22} A_{21})^{-1}$ y $a_{22} = (I - A_{11})^{-1}$

El supuesto del modelo de extracción hipotética es que se remueve el sector 1, lo que equivale a asumir que $A_{11} = A_{11} = A_{21} = 0$, por lo que el inverso de Leontief (L^1) queda:

$$L^1 = (I - A^1)^{-1} = \begin{bmatrix} I & 0 \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix}$$

Finalmente, dado que $X = L \cdot Y$, el cambio en la producción al remover el sector 1 es:

$$\Delta X^1 = \begin{bmatrix} \Delta X_1^1 \\ \Delta X_2^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H - I & HA_{12} a_{22} \\ a_{22} A_{21} H & a_{22} A_{21} HA_{12} a_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{bmatrix}$$

Así, los encadenamientos productivos del sector (EP) estarán dados por la suma total de ΔX_1^1 y ΔX_2^1 , donde ΔX_1^1 corresponde a producción realizada por el mismo sector frutícola, pero destinada al consumo intermedio de otros sectores; y ΔX_2^1 corresponde a producción realizada por el resto de los sectores. Esto es:

$$EP = \begin{bmatrix} 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_{(1 \times n)} \cdot \begin{bmatrix} \Delta X_1^1 \\ \Delta X_2^1 \end{bmatrix}_{(n \times 1)}$$

El tamaño total (TT) de la industria, incluyendo la producción directa del sector y la producción indirecta, asociada a encadenamientos productivos, corresponde a:

$$TT = Y_1 + EP$$

Donde Y_1 es la demanda final del sector 1.

Anexo 2: listado de comunas según categoría de intensidad frutícola

Tabla 6: Comunas con no frutícolas

Algarrobo	Conchalí	Lago Ranco	Paredones	San Antonio
Alto Biobío	Concón	Lago Verde	Pedro Aguirre Cerda	San Bernardo
Alto Hospicio	Constitución	Laguna Blanca	Pelluhue	San Fabian
Ancud	Contulmo	Laja	Pemuco	San Gregorio
Andacollo	Copiapó	Lampa	Peñaflor	San Javier
Antártica	Coquimbo	Las Condes	Peñalolén	San Joaquín
Antofagasta	Coronel	Lautaro	Penco	San José De Maipo
Antuco	Corral	Lebu	Pichilemu	San Juan De La Costa
Arauco	Curacautín	Licantén	Porvenir	San Miguel
Arica	Curaco De Vélez	Llanquihue	Pozo Almonte	San Pedro De Atacama
Aysén	Curanilahue	Lo Barnechea	Primavera	San Pedro De La Paz
Cabo De Hornos	Curarrehue	Lo Espejo	Providencia	San Ramon
Cabrero	Dalcahue	Lo Prado	Puchuncaví	San Rosendo
Calama	Diego De Almagro	Lonquimay	Pucón	Santa Barbara
Calbuco	El Bosque	Los Álamos	Pudahuel	Santa Juana
Calera	El Quisco	Los Andes	Puente Alto	Santiago
Camarones	El Tabo	Los Ángeles	Puerto Montt	Sierra Gorda
Camina	Empedrado	Los Lagos	Puerto Octay	Talca
Canela	Estación Central	Los Muermos	Puerto Varas	Talcahuano
Cañete	Florida	Lota	Punta Arenas	Taltal
Carahue	Fresia	Lumaco	Puqueldón	Temuco
Cartagena	Frutillar	Machalí	Purén	Teodoro Schmidt
Castro	Futaleufú	Macul	Purranque	Timaukel
Cauquenes	Futroño	Maipú	Putre	Tirúa
Cerrillos	Galvarino	María Elena	Puyehue	Tocopilla
Cerro Navia	General Lagos	Maule	Queilén	Toltén
Chaitén	Guaitecas	Mauullín	Quellón	Tome
Chañaral	Hualaihue	Mejillones	Quemchi	Torres Del Paine
Chanco	Hualpén	Melipeuco	Quilicura	Tortel
Chiguayante	Hualqui	Nacimiento	Quilleco	Treguaco
Chillan	Huara	Natales	Quilpué	Tucapel
Chillan Viejo	Huechuraba	Navidad	Quinchao	Valdivia
Cholchol	Independencia	Ninhue	Quinta Normal	Vallenar
Chonchi	Iquique	Nueva Imperial	Quintero	Valparaíso
Cisnes	Isla De Pascua	Ñunoa	Quirihue	Vichuquén
Cobquecura	Juan Fernández	O'Higgins	Rancagua	Vilcún
Cochemó	La Cisterna	Ollague	Ranquil	Villa Alemana
Cochrane	La Florida	Olmué	Recoleta	Villarrica
Coelemu	La Granja	Osorno	Renca	Viña Del Mar
Coihaique	La Pintana	Padre Hurtado	Rio Bueno	Vitacura
Colchane	La Reina	Padre Las Casas	Rio Ibáñez	Yumbel
Colina	La Serena	Palena	Rio Verde	Yungay
Concepción	La Unión	Papudo	Saavedra	Zapallar

Tabla 7: Comunas de intensidad frutícola media baja

Angol	El Carmen	Linares	Mulchén	Portezuelo
Bulnes	El Monte	Loncoche	Ñiquén	Quillota
Caldera	Hualañé	Los Sauces	Paillaco	San Carlos
Casablanca	La Higuera	Los Vilos	Panguipulli	San Pablo
Collipulli	Lanco	Mafil	Parral	Talagante
Doñihue	Limache	Mariquina	Pinto	Traiguén
			Pitrufquén	Victoria

Tabla 8: Comunas con intensidad frutícola de intensidad frutícola media alta

Buín	Curicó	Isla De Maipo	Punitaqui	San Felipe
Chile Chico	Ercilla	La Ligua	Quilaco	San Fernando
Cunco	Freire	Litueche	Quillón	San Ignacio
Curacaví	Freirina	Negrete	Quinta De Tilcoco	San Nicolás
Curepto	Huasco	Pica	Rio Negro	Santa Cruz
	Illapel	Pirque	Salamanca	Villa Alegre

Tabla 9: Comunas con intensidad frutícola alta

Alhué	Gorbea	Monte Patria	Petorca	Romeral
Alto Del Carmen	Graneros	Mostazal	Peumo	Sagrada Familia
Cabildo	Hijuelas	Nancagua	Pichidegua	San Clemente
Calera De Tango	La Cruz	Nogales	Placilla	San Esteban
Calle Larga	La Estrella	Olivar	Pumanque	San Pedro
Catemu	Las Cabras	Ovalle	Putendo	San Rafael
Chépica	Llay-llay	Paihuano	Rauco	San Vicente
Chimbarongo	Lolol	Paine	Renaico	Santa María
Codegua	Longaví	Palmilla	Rengo	Santo Domingo
Coihueco	Malloa	Panquehue	Requínoa	Teno
Coinco	Marchihue	Pelarco	Retiro	Tierra Amarilla
Colbún	María Pinto	Pencahue	Rinconada	Tiltil
Coltauco	Melipilla	Peralillo	Rio Claro	Vicuña
Combarbalá	Molina	Perquenco	Rio Hurtado	Yerbas Buenas

Referencias de la Segunda Parte

- Azuero, R., Rodríguez, D., & Zarruk, D. (2018). `gmapsdistance`: Distance and Travel Time Between Two Points from Google Maps. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=gmapsdistance>
- Bertoli, S., Goujon, M., & Santoni, O. (2016). The CERDI-seadistance database. Retrieved from [halshs.archives-ouvertes: https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01288748](https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01288748)
- Carrasco, J. A., & Harrison, R. (2020). Impacto de la industria farmacéutica en Chile: "The economic footprint". SOFOFA.
- Cella, G. (1984). `The Input-Output Measurement of Interindustry Linkages. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 46,, 73-84.
- GREENHOUSE GAS PROTOCOL. (2017, Marzo). Emission Factors from Cross-Sector Tools. Retrieved from <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>
- Miller, R., & Lahr, M. (2001). A Taxonomy of Extractions. *Regional Science Perspectives in Economic Analysis*, 407-442.
- Naciones Unidas. (2009). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU) rev. 4. Nueva York: Publicación de las Naciones Unidas.
- Paelinck, J., De Caebel, J., & Degueldre, J. (1965). Analyse Quantitative de Certaines Phénomènes du Développement Régional Polarisé: Essai de Simulation Statique d'Itinéraires de Propagation. *Bibliothèque de l'Institut de Science économique. No. 7. Problèmes de Conversion économique: Analyses Théoriques et études Appliquées*, 341-387.
- Pino A., O., & Fuentes N., S. (2018). Derivación y análisis de los multiplicadores de empleo para la economía nacional 2013-2017. *Horizontes Empresariales Vol. 17, N° 2*, 24-43.
- Schuschny, A. R. (2005). Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones. CEPAL. Serie estudios estadísticos y prospectivos.
- Shkolnik, D. (2019). `airportr`: Convenience Tools for Working with Airport Data. 0.1.3. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=airportr>
- Strassert, G. (1968). `Zur Bestimmung strategischer Sektoren mit Hilfe. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 182(3), 211-215.
- Vargas, M., Salas, R., Kunst, J., Correa, J., Aravena, R., Chile, P., . . . BCN. (2020). `chilemapas`: Mapas de las Divisiones Políticas y Administrativas de Chile. 0.2. Retrieved from <https://cran.r-project.org/package=chilemapas>
- Vasquez, C., & Vallejos, D. (2014). Migración juvenil rural en la región del Maule, Chile: Expectativas de futuro de la nueva generación. . *Rev. Cienc. Soc.*, 37(25), 91-108.

Conoce más en:

 [frutasdechile](#)

 [frutasdechile.cl](#)

