



Proyecto apoyado por
CORFO



INFORME 4 MODIFICADO

DETERMINACION PRODUCTIVIDAD ECONOMICA DEL AGUA DE LOS FRUTALES DE LA REGION DE COQUIMBO

**Programa Estratégico Regional
Fruticultura Sustentable Coquimbo**

Consultora PHP

Junio 2025

Contenido

I.- ANTECEDENTES	5
II.- METODOLOGIA	7
2.1 Cálculo del consumo de agua de los frutales.	7
2.2 Cálculo de los ingresos monetarios.	8
2.3 Cálculo de los costos.	9
2.4 Margen económico m3 de agua.	10
2.5 Proyección de los datos.	11
III.- RESULTADOS.....	14
3.1 Uva de mesa (Fresco y deshidratada).....	14
3.1.1 Metodología.....	14
3.1.2 Resultados uva.	17
3.1.2.1 Análisis de la producción, m3 aplicados y márgenes.	17
3.1.2.2 Análisis territorial	21
3.1.2.3 Análisis de variedades.	23
3.2.2.4 Análisis año de plantación.....	24
3.2.1.5 Resumen.....	24
3.2. Palto	25
3.2.1 Metodología.....	25
3.2.2 Resultados.	26
3.2.2.1 Análisis producción, m3 y margen.....	26
3.2.2.2 Análisis territorial	29
3.2.2.3 Resumen.....	30
3.3 MANDARINO	31
3.3.1 Metodología.....	31
3.3.2 Resultados mandarina.	32
3.3.2.1 Análisis producción, m3 y margen.....	32
3.3.2.2 Análisis territorial.	36
3.2.2.4 Resumen.....	38
3.4 Nogal	38
3.4.1 Metodología.....	38
3.4.2 Resultados	39

3.4.2.1	Análisis productividad, m3 y margen.....	39
3.4.2.2	Análisis territorial	43
3.4.2.3	Resumen.....	44
3.5	Limonero	45
3.5.1	Metodología.....	45
3.5.2	Resultados.	45
3.5.2.1	Análisis rendimiento, m3 y margen.....	45
3.5.2.2	Análisis territorial.	49
3.5.2.3	Resumen.....	51
3.6	Naranja	51
3.6.1	Metodología.....	51
3.6.2.	Resultados.	52
3.6.2.1	Análisis producción, m3 y margen.....	52
3.6.2.2	Análisis territorial.	56
3.6.2.3	Resumen.....	57
3.7	Almendro	58
3.7.1	Metodología.....	58
3.7.2	Resultados	59
3.7.2.1	Análisis productividad, m3 y margen.	59
3.7.2.2	Análisis territorial.	63
3.7.2.3	Resumen.....	64
3.8	Olivo	65
3.8.1	Metodología.	65
3.8.2	Resultados.	66
3.8.2.1	Producción, m3 y margen.	66
3.8.2.3	Análisis territorial.	70
3.8.2.3	Resumen del Olivo	72
3.9	CEREZO	72
3.9.1	Metodología.....	72
3.9.2	Resultados.	74
3.9.2.1	Análisis productividad, m3 y margen.	74
3.9.2.2	Análisis territorial	78



Proyecto apoyado por
CORFO



3.9.2.3 Resumen.....	80
IV.- Conclusiones de las especies en estudio.	81
V.- Benchmarking nacional e internacional.....	89
5.1 Antecedentes de contexto.	89
5.2 Consideraciones preliminares.	89
5.3 Resultados.....	90
5.3.1 Productividad hídrica y margen económico en frutales mediterráneos semiáridos	90
VI.- Comparación entre los resultados obtenidos del estudio y el benchmarking.	102
VII. Revisión bibliográfica	104

I.- ANTECEDENTES

El objetivo de este informe es presentar los cálculos de la productividad económica del agua (US\$/M3) en los principales frutales de la región de Coquimbo. Estos cálculos se basan en el consumo de agua establecido en informes anteriores, utilizando una muestra representativa del Catastro Frutícola 2021. Las estimaciones se realizan siguiendo una serie de supuestos que se detallan en la metodología. Los resultados se presentan por especie, luego se realiza un benchmarking nacional e internacional de los márgenes económicos de los frutales, y en el capítulo final se integran los resultados y se comparan con bibliografía nacional e internacional.

Los márgenes reportados como anteriormente se señaló corresponden a la temporada 2021, un período marcado por una prolongada sequía que ha afectado de manera significativa el desempeño agrícola. Esta situación hídrica ha sido acompañada de un proceso de reconversión productiva y una reducción considerable de la superficie frutícola entre 2021 y 2024. Entre los cultivos con mayores disminuciones destacan el nogal con una reducción del -43%, seguido del almendro (-36,3%), uva de mesa (-29,6%), palto (-25,4%) y olivo (-13%). En contraste, cítricos como la mandarina (-1,3%) y el naranjo (-2,9%) experimentan caídas más moderadas, mientras que otros frutales como el limonero (+31,7%) y el cerezo (+188%) presentan un crecimiento notable.

En el caso particular de la uva de mesa, se ha producido una reconversión hacia nuevas variedades, que al momento de la evaluación (2021) se encontraban en fase de aumento de producción. A partir de estos antecedentes, es posible inferir que ya desde 2021 comenzó una estrategia de ajuste hídrico, priorizando el uso del riego en cultivos más rentables o con mejor proyección, y restringiéndolo en áreas con bajos rendimientos. Asimismo, los huertos de cerezos en expansión corresponden en gran medida a plantaciones jóvenes aún en desarrollo.

Por lo tanto, **los márgenes calculados (US\$/M3) en este estudio reflejan un contexto específico y no deben ser interpretados como valores representativos de condiciones óptimas de riego. Más bien, estos resultados responden a un escenario de estrés hídrico severo, lo cual limita su generalización a otras realidades climáticas o productivas.**

Otra consideración importante, tiene relación con la productividad económica del agua, entendida como el margen generado por metro cúbico aplicado (US\$/m³), la cual está determinada por múltiples factores que interactúan entre sí: la capacidad de cubrir la demanda hídrica del cultivo, el precio de venta del producto, los costos de producción, las condiciones agroecológicas locales, el nivel tecnológico de cada productor, entre otros. Si bien metodológicamente se buscó capturar esta complejidad integrando distintas fuentes de información, los márgenes resultantes presentan una alta variabilidad, en especial debido a los precios, que en el caso de los frutales analizados —mayoritariamente destinados a la exportación— están sujetos a fluctuaciones importantes en los mercados internacionales. Esto se refleja claramente en la evolución de los precios FOB en las últimas nueve temporadas.

Por ejemplo, el precio máximo de la cereza alcanzó los 7,41 USD/kg en la temporada 2018-19, con un aumento del 45% respecto a su valor base 2020-21, mientras que el limón experimentó una caída del -16,3% en 2021-22. En el caso del aceite de oliva, el crecimiento fue aún más marcado, con un alza del 144,2% en 2025. Por otro lado, la uva de mesa, además de estar en un proceso de reconversión varietal, tuvo una variación significativa, subiendo un 47,4% en 2023-24 y cayendo un -17,9% en 2021-22. Esta volatilidad se repite en otros frutales como el nogal, tanto en su variedad con y sin cáscara, y el palto, con caídas de hasta un -25,8% entre temporadas.

En este contexto, **el margen económico del agua es altamente variable año a año y está estrechamente ligado a las condiciones de mercado**, lo que impide generalizar los resultados observados en 2021 como representativos de una situación estructural. Sin perjuicio de ello, en los capítulos siguientes se presenta un análisis comparativo que muestra cómo varía el margen US\$/m³ en los frutales evaluados a lo largo de las temporadas disponibles, permitiendo así una mejor comprensión de su comportamiento bajo diferentes escenarios productivos y comerciales.

Este trabajo implicó una apuesta metodológica significativa, dado que se enfrentó a una notoria escasez de información específica sobre la productividad del agua en frutales a nivel regional. La falta de datos desagregados obligó a realizar múltiples estimaciones para poder aproximarse a un análisis robusto. Si bien fuentes como el Catastro Frutícola 2021 y los registros del Servicio Nacional de Aduanas aportaron antecedentes claves —como superficie plantada, precios de exportación, volúmenes exportados y rendimientos—, estos datos son en muchos casos genéricos y no detallan con precisión aspectos críticos como variedades específicas o destinos diferenciados, especialmente en productos industrializados derivados de la uva (pasas, jugos, o uva destinada a la industria vitivinícola). Ante esta limitación, fue necesario recurrir a estimaciones fundadas para cubrir esos vacíos. En consecuencia, **este estudio debe entenderse como un punto de partida metodológico que proporciona una base para el análisis de la productividad económica del agua en frutales de exportación para la región de Coquimbo, pero que requiere ser complementado y perfeccionado a medida que se disponga de mejores datos y herramientas de análisis.**

II.- METODOLOGIA

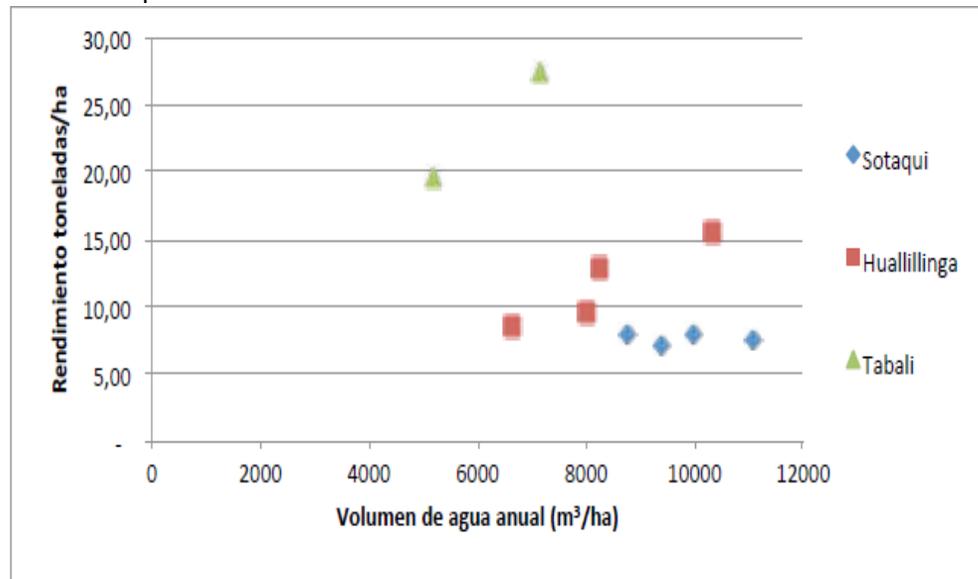
En este capítulo se detalla la metodología para estimar los rendimientos, precios e ingresos con el fin de establecer la productividad económica del agua (US\$/M3) en los frutales estudiados (mandarina, uva de mesa, limonero, olivo, naranja, nogal, almendro, palto y cerezo). Se adjunta a este informe la base de datos con todos los supuestos y cálculos utilizados en formato Excel.

2.1 Cálculo del consumo de agua de los frutales.

A partir de las demandas de agua establecidos (m^3/ha) para los polígonos del shape de Ciren 2021 (Catastro Frutícola región Coquimbo) y los cálculos de informes anteriores, se estimó el rendimiento asociado al consumo de agua. Se utilizaron antecedentes de distintos estudios que evaluaron el consumo de agua y la productividad, mostrando una alta variabilidad en la utilización de los recursos hídricos de las especies.

Esta variabilidad está respaldada por el estudio "Riego en mandarinos y paltos, resultados de investigaciones en el valle del río Limarí, región de Coquimbo. INIA". El estudio destaca que la variación no solo se debe al agua consumida, sino también al manejo de cada productor. El gráfico 1 muestra esta gran variabilidad.

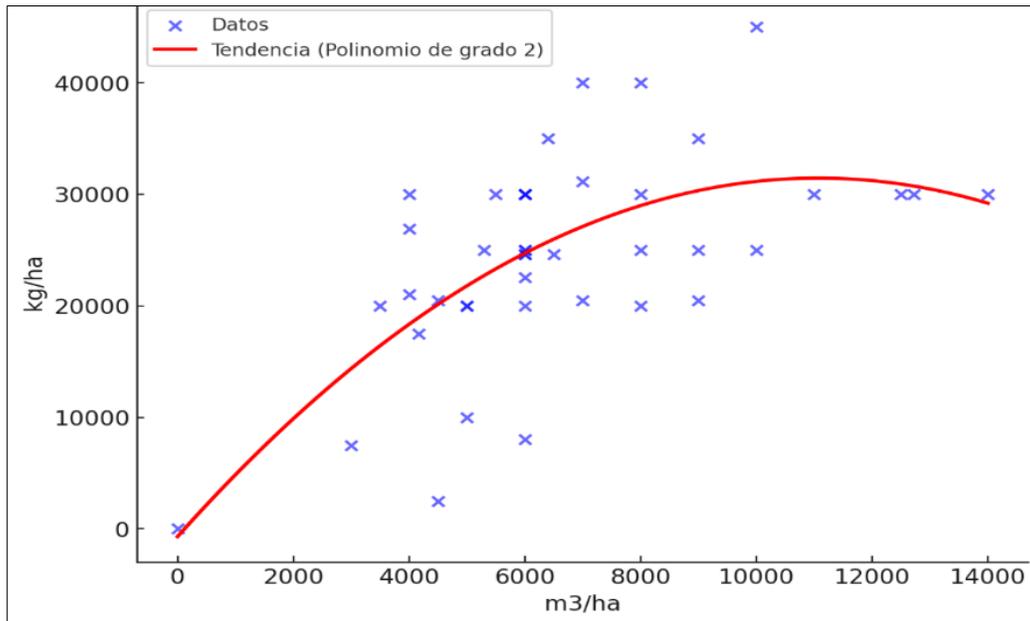
Gráfico 1. Relación entre los volúmenes de agua anuales y el rendimiento en Paltos, en las tres localidades de la provincia de Limarí.



Fuente: INIA Intihuasi

Usando estudios sobre la productividad del agua en frutales y con la ayuda de expertos e informantes calificados, se estimaron las curvas de rendimiento mediante ecuaciones. El Gráfico 2 muestra la curva de rendimiento promedio de la uva de mesa, que incluye tanto el volumen exportable como el destinado al mercado nacional, ya sea procesado o fresco.

Gráfico 2. Estimación de la relación rendimientos y tasas de riego en uva de mesa Coquimbo.



Fuente: Propia a partir de distintos estudios.

La línea roja representa la estimación, mientras que las cruces azules corresponden a los datos obtenidos de la información bibliográfica. Finalmente, se abordan temas metodológicos específicos según cada especie, los cuales se detallan en la metodología correspondiente para cada una de las especies.

2.2 Cálculo de los ingresos monetarios.

Se tomaron los precios internacionales de la temporada 2021/22 (Sep 21 a Ago 22) basados en el volumen ponderado, según la información de Aduanas del precio FOB por especie, variedad o grado de proceso. Los precios se tomaron para las frutas de la región de Coquimbo. Se ajustaron los ingresos y costos al nivel del productor.

Para entender mejor, aquí como se desarrolla el cálculo.

$$\text{Precio venta por caja CIF (8,2 kg)} - \text{Costos en destino} = \text{Precio FOB Chile} - \text{Costos de exportación y procesamiento} = \text{Precio retorno al productor por caja.}$$

Es necesarios indicar que el precio retorno al productor varía por varias razones, por lo tanto, no es una constante:

- Exportadores y Comercializadores: Retienen entre 8% y 20% del precio FOB en comisiones y costos de intermediación.
- Costos Logísticos y Procesamiento: Representan entre 10% y 25% del valor FOB.
- Productores Integrados Verticalmente: Reciben entre 75% y 90% del precio FOB, mientras que los Productores Pequeños Dependientes de Intermediarios reciben entre 50% y 70% del precio FOB.

Es por esta razón que, para cada especie frutal, el retorno a productor se estimó entre 50% y 60% del precio FOB, según niveles de producción. Para precios nacionales, se tomó el de los mercados mayoristas de Chile y se descontó un 40% por rentabilidad del mayorista, pérdidas y transporte.

Otro de los factores considerados corresponde al volumen de exportación, el cual depende del riego aplicado (m³/ha). Productores con escaso riego tienen bajos calibres y menor porcentaje de exportación, mientras que aquellos con mayor riego tienen mejores calibres y más exportación. Los porcentajes estimados se presentan en el cuadro adjunto.

Cuadro 1. Porcentaje estimado de exportación según la proporción de agua utilizada.

Porcentaje de riego (%)	Uva de Mesa	Palto	Cereza	Mandarina	Naranja	Limón	Almendra	Nogal
100	85	85	85	85	85	85	85	85
75	72	77	75	73	72	74	66	70
50	55	60	58	57	55	58	49	53
25	34	43	38	36	34	37	26	32

Fuente: Propia.

2.3 Cálculo de los costos.

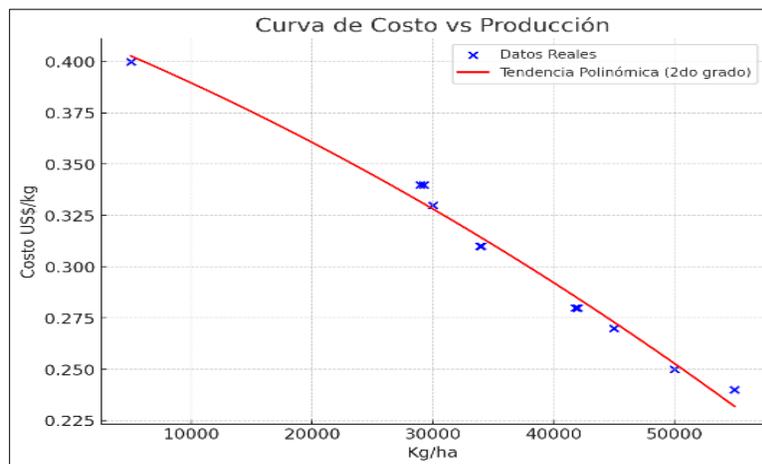
Respecto a los costos, estos se obtuvieron de la bibliografía, presentando una considerable variabilidad similar a la observada en precios y rendimientos. Estos fueron analizados por el equipo consultor y expertos en el área. En los casos en que existía información adecuada, se elaboraron las curvas de costos (US\$/kg) y rendimiento (kg/ha) con su respectiva ecuación, la cual fue aplicada a los rendimientos para obtener los costos totales.

En relación a los costos directos de producción, los cuales están asociados directamente con la producción del frutal, fueron considerados los siguientes:

- Mano de obra directa
- Fertilizantes y enmiendas
- Agroquímicos (control fitosanitario)
- Agua y riego
- Otros

Otra consideración respecto a los costos es que estos disminuyen a medida que la producción aumenta, hasta ciertos límites. En el gráfico 3, se muestra, basado en la literatura, cómo decrecen los costos a medida que disminuye la productividad, según la revisión bibliográfica realizada para mandarina.

Gráfico 3 Relación entre costos y volumen de producción en mandarinas de acuerdo con la revisión bibliográfica.



Fuente: Propia a partir de antecedentes bibliográficos.

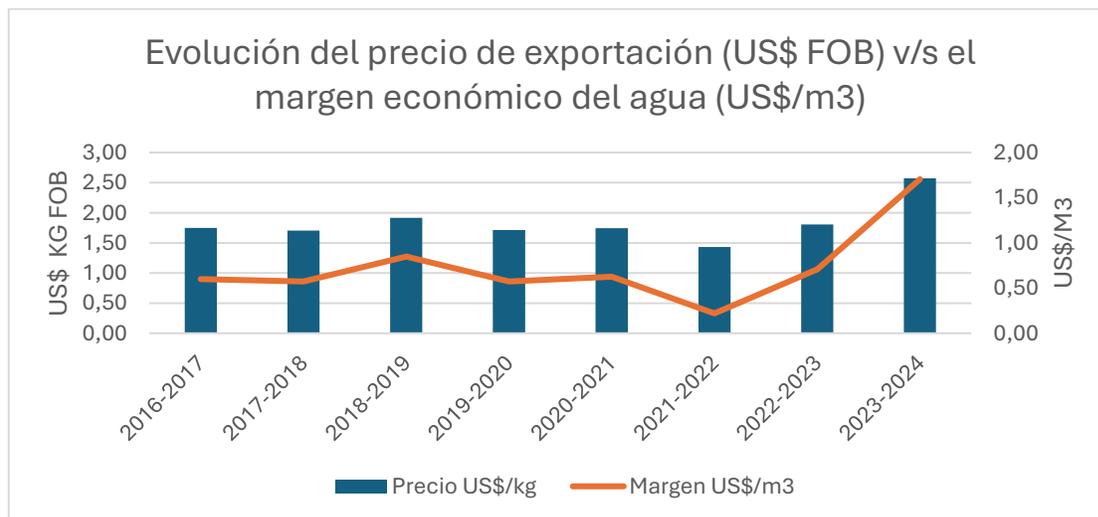
2.4 Margen económico m3 de agua.

Con base en la producción, los ingresos, los costos y los m3/ha estimados para los polígonos seleccionados del Catastro (según la metodología señalada en informes previos), se calculó el margen de m3/ha por especie.

Precio retorno al productor por caja- Costos directos = Margen a productor/ M3 ocupados.

Adicionalmente, con el objetivo de determinar si existen variaciones interanuales en los márgenes (US\$/M3), se realizó un análisis en torno a los precios manteniendo las demás variables constantes, a modo de ejemplo se presenta la variación obtenida en uva. (Gráfico 4).

Gráfico 4



Fuente: ODEPA

Respecto a los demás cultivos se presenta en el cuadro 2, la variación de precios de exportación promedio nacional, en relación a la situación base del presente estudio 2021.

Cuadro 2. Variación de los precios de las últimas 9 temporadas en relación a la situación base 2020/21.

Fruta	Precio base (2020/2021)	Máximo (USD/Kg)	Temporada máximo	Variación % Máx	Mínimo (USD/Kg)	Temporada mínimo	Variación % Mín
Cereza	5.11	7.41	2018-19	+45.0%	5.11	2020-21	0.0%
Mandarina	1.10	1.48	2016-17	+34.5%	1.10	2020-21	0.0%
Limón	0.92	1.52	2017-18	+65.2%	0.77	2021-22	-16.3%
Nogal (NCC)	2.76	3.66	2016-17	+32.6%	2.57	2023-24	-6.9%
Nogal (NSC)	6.68	9.77	2017-18	+46.3%	5.38	2022-23	-19.5%
Almendra	5.94	7.93	2017-18	+33.5%	5.94	2020-21	0.0%
Naranja	1.19	1.19	2020-21	0.0%	0.80	2018-19	-32.8%
Palta	3.18	3.18	2020-21	0.0%	2.36	2018-19	-25.8%
Aceite de Oliva	3.78	9.23	2024-25	+144.2%	3.78	2020-21	0.0%
Uva de Mesa	1.74	2.57	2023-2024	+47.4%	1.43	2021-2022	-17.9%

Fuente: PER Frutícola de Coquimbo. Nota: NCC Nueces con cáscara. NSC: Nueces sin cáscara.

2.5 Proyección de los datos.

Entendiendo que el presente estudio tomó una muestra de información de los polígonos de CIREN 2021, necesariamente los resultados se tenían que proyectar a la totalidad de los polígonos, que en el caso de la uva de mesa la muestra significó 880 hectáreas, siendo necesario proyectar los resultados a las 7.120 ha totales de uva de mesa de la región, de acuerdo a lo indicado por CIREN. La metodología utilizada para la proyección de los datos se detalla a continuación:

1. Preparación de los Datos

Carga de Datos: Se importaron los archivos.

Limpieza y Conversión de Variables:

- Se eliminaron valores nulos en variables clave.
- Se corrigió el formato de los números, asegurando que las variables numéricas estuvieran en un formato adecuado.
- Se reemplazaron valores no numéricos en las variables relevantes.

2. Selección de Variables Predictoras

Se eligieron las siguientes variables para entrenar el modelo de predicción del rendimiento kg/ha (Estas fueron las variables disponibles para cada polígono a partir de CIREN):

- **ESPECIE:** Tipo de uva cultivada.
- **VARIEDAD:** Variedad específica.
- **ANO_PLANT:** Año de plantación del cultivo.
- **SUP_FRUTAL:** Superficie frutal en hectáreas.
- **COORDENADAS:** Ubicación de los predios.

3. Codificación de Variables Categóricas

Para utilizar las variables categóricas en el modelo de regresión, se aplicó la técnica de codificación de etiquetas (Label Encoding):

- Se asignó un número único a cada categoría en **ESPECIE_2** y **VARIEDAD** para convertirlas en variables numéricas.

4. Entrenamiento del Modelo de Regresión Lineal

Se utilizó un modelo de regresión lineal múltiple para relacionar las variables predictoras con la variable objetivo "m3/ha" en el archivo de entrenamiento.

- Se dividieron los datos en matriz de características (**X**) y variable objetivo (**y**), y el modelo fue ajustado utilizando la técnica de mínimos cuadrados ordinarios.

5. Aplicación del Modelo a los Nuevos Datos

Se prepararon los datos asegurando la compatibilidad con el modelo:

- Se aplicó la misma codificación a las variables categóricas.
- Se eliminó cualquier dato inconsistente o nulo.
- Se ingresaron las características de cada cultivo al modelo de regresión para obtener la **predicción** de los m3 para cada polígono.

Se buscó incorporar otras variables para estas predicciones, como información geoespacial asociada a los agroclimas y suelos de la región disponibles en sitios web de Servicios Públicos nacionales. Sin embargo, los formatos shapefile fueron incompatibles debido a los siguientes problemas:

1. Problemas en el acceso y procesamiento de los archivos

- **Errores en la carga y lectura de los archivos:** Los archivos de suelos y climas generaron errores recurrentes de acceso, lo que impidió su lectura y procesamiento.
- **Estado del sistema restablecido:** En varias ocasiones, el sistema se reinició, lo que provocó la pérdida de los archivos y la necesidad de volver a subirlos.
- **Formatos difíciles de manejar:** Los archivos subidos en formatos como Shapefile (.shp, .dbf, .shx, .prj) y MapInfo (.tab, .dat, .id, .map) son más complejos de manipular en comparación con formatos más accesibles como CSV o Excel.

2. Falta de integración entre datos espaciales y tabulares

- **No hubo una clave de unión clara:** Para incorporar los datos climáticos y de suelo en la estimación del rendimiento kg/ha, era necesario un identificador común. Sin embargo, no se pudo confirmar que los archivos climáticos y de suelo contenían estos identificadores.
- **Dificultad para cruzar datos espaciales:** Los archivos climáticos y de suelo parecían ser capas geoespaciales, lo que requería una operación de intersección espacial con los datos de los frutales. Esto no se pudo realizar debido a los problemas de acceso a los archivos.

3. Problemas en la estructura y compatibilidad de los datos

- **Datos en formatos no estándar:** Los archivos presentaban múltiples formatos difíciles de procesar, como **GeoJSON, DBF, SHP, TAB, MAP**, en lugar de formatos más accesibles como **CSV o Excel**.
- **Posibles inconsistencias en las columnas:** Sin poder acceder a los archivos, no se pudo verificar si los datos estaban bien estructurados o si necesitaban limpieza y transformación.

A pesar de lo anterior, se logró una adecuada proyección de los m³ de la información en los frutales de la región, a pesar de no contar con información de ciertas variables agronómicas.

III.- RESULTADOS.

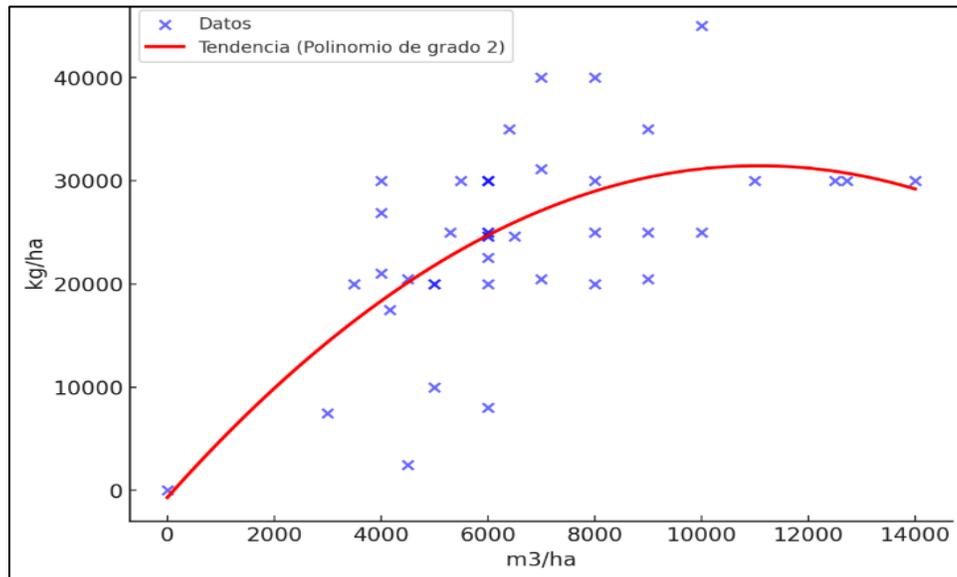
A continuación, se presentan los análisis para cada especie, realizándose una integración de los resultados al final del capítulo.

3.1 Uva de mesa (Fresco y deshidratada)

3.1.1 Metodología

Utilizando datos bibliográficos, se ajustaron los datos con un polinomio de segundo grado (parábola) entre **m³/ha** y **kg/ha**. Esto generó una ecuación parabólica que proyecta el rendimiento a partir de los m³ obtenidos. Para la uva, la correlación entre variables mostró un r² de 0,41, lo cual coincide con estudios que explican que la productividad no depende solo del agua de riego, sino también de otros factores agronómicos (Gráfico 5).

Gráfico 5 Estimación de la relación rendimientos y tasas de riego en uva de mesa Coquimbo.



Fuente: Propia a partir de la revisión bibliográfica.

En el gráfico 6, la línea roja muestra la tendencia, mientras que los puntos azules representan los datos individuales obtenidos de la bibliografía. Las variedades con distintos niveles productivos, relacionadas con su fecha de cosecha, se clasificaron según la literatura en tempranas (menor producción), medias y tardías (mayor producción). Cuadro 3.

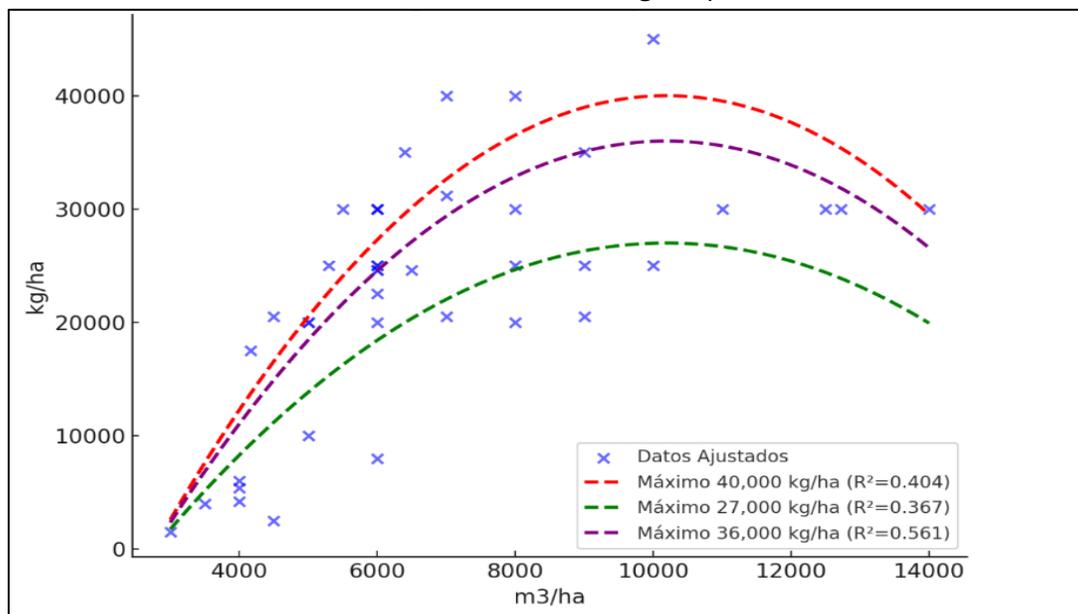
Cuadro 3. Clasificación de las variedades de uvas de acuerdo su fecha de cosecha.

Tempranas	Medias	Tardías
ARRA 15	Adora Seedless	Allison
Flame Seedless	Candy Hearts	Autumn Royal
Sugra 36 (Sun-World)	Carsal Seedless	Black Seedless
ARRA 29	Cotton Candy	Crimson Seedless
Ivory	Great Green Seedless	ITUM Seedless 7
Tawny Seedless	INIA Grape One	Jack Salute
	ARRA 19	Melody
	Magenta™	Muscat Seedless
	Maylen	Prime Seedless
	Midnight Beauty	Pristine
	Pastilla / Moscatel Rosada	Red Globe
	Ralli	Scarlotta Seedless
	Sable Seedless	Scarlet Royal (USDA-CTGC)
	Sweet Celebration®	Superior Seedless
	Thompson Seedless	Sweet Flavor
		Sweet Globe
		Sweet Nectar
		Timco™

Fuente: Propia a partir de antecedentes bibliográficos.

Con esta información y los antecedentes bibliográficos, se establecieron curvas que relacionan los metros cúbicos de agua y la productividad según el ciclo biológico de las uvas (tempranas, medias o tardías), como se muestra en el gráfico siguiente. Esto permitió obtener ecuaciones de productividad de agua para estos tres tipos de uva (Gráfico 6).

Gráfico 6. Productividad de la uva de mesa según tipo de variedad.



Fuente. Propia a partir de antecedentes bibliográficos.

Para el cálculo de los ingresos por variedad se utilizaron los valores FOB por kg de cada variedad obtenida a partir de Aduanas. Cuadro 4

Cuadro 4. Precios US\$ FOB temporada 21/22 uva de mesa según variedad región de Coquimbo, promedio ponderado.

Variedad	US\$ FOB 2021/22 /kg	Variedad	US\$ FOB 2021/22 /kg	Variedad	US\$ FOB 2021/22 /kg
ADORA SEEDLESS	1,8	FLAME SEEDLESS	1,4	PASTILLA	1,3
ALLISON	1,5	GREAT GREEN SEEDLESS	2,3	PERLON	1,0
ARRA-15	1,7	INIA GRAPE ONE	1,5	PRIME SEEDLESS	2,4
ARRA-19	1,2	ITUM SEEDLESS 7	0,9	PRISTINE	1,8
ARRA 29	1,6	IVORY	1,5	RALLI SEEDLESS	2,4
AUTUMN CRISP	1,7	JACK SALUTE	1,4	REDGLOBE	1,3
AUTUMN ROYAL	1,8	KRISSY	1,2	SABLE SEEDLESS	1,5
BLACK SEEDLESS	2,2	MAGENTA	1,4	SCARLOTTA SEEDLESS	1,1
CANDY HEARTS	2,5	MELODY	1,6	SUPERIOR SEEDLESS	2,0
CARSAL SEEDLESS	2,0	MIDNIGHT BEAUTY SUGRATHIRTEEN	2,1	SWEET CELEBRATION	1,8
COTTON CANDY	1,9	MUSCAT SEEDLESS	1,7	SWEET FLAVOR	1,9
CRIMPSON SEEDLESS	1,4			SWEET GLOBE	2,0

Fuente Aduanas

Para obtener el precio retorno a productor US\$ FOB, se descontaron los costos de frío, packing, exportadora, entre otros, que representan aproximadamente el 50% del precio FOB según la literatura. El porcentaje de costos descontados del precio FOB para estimar el retorno al productor varía según el volumen de exportación principalmente debido a economías de escala. A mayor volumen exportado, los costos fijos por unidad —como transporte, frío, packing y comisión de exportadora— tienden a diluirse, reduciendo proporcionalmente su impacto en el precio final. Por ejemplo, los gastos logísticos y administrativos se distribuyen entre más kilos exportados, lo que mejora la eficiencia del proceso. En cambio, cuando el volumen es bajo, esos mismos costos fijos tienen un mayor peso relativo por unidad, elevando el porcentaje descontado del FOB. Además, los exportadores con mayores volúmenes suelen acceder a mejores tarifas de servicios logísticos y condiciones comerciales, lo que también contribuye a una menor proporción de descuento sobre el precio FOB.

También se consideró que parte de la uva se comercializa como pasa. Para establecer su precio, se tomaron los valores en US\$ y se dividieron por 4,5, ya que se necesitan 4,5 kg de uva fresca para producir 1 kg de pasas. Así se obtuvo el valor de la pasa en fresco (todos los cálculos de productividad son para uva en fresco). Cuadro 5.

Cuadro 5. Estimación de los precios por variedad en pasas.

Tipo pasas	US\$ FOB/kg pasa	US\$ FOB/kg destino a pasas como uva en fresco (US\$ FOB/4,5)
BLACK SEEDLESS	2,2	0,5
CRIMPSON SEEDLESS	1,5	0,3
FLAME SEEDLESS	1,9	0,4
THOMPSON SEEDLESS	2,1	0,5
OTRAS VAREIDADES	1,9	0,4

Fuente: Aduanas

El valor FOB de pasas en fresco fue ajustado para calcular el retorno al productor. Según la literatura, el productor de pasas en Chile recibe aproximadamente el 66,7% del precio FOB. Estos valores pueden variar según la calidad del producto, eficiencia en los procesos de secado y clasificación, acuerdos comerciales y costos logísticos específicos.

Respecto a los costos, existen pocos estudios disponibles, por lo que deben considerarse con precaución. En el cuadro siguiente se presentan los costos (US\$) obtenidos a partir de la literatura para el caso de la uva y sus variedades (Cuadro 6).

Cuadro 6. Costos por variedad en uva de mesa.

Variedad	Costos directos de Producción (US\$/kg)
Red Globe (*)	0,95
Timco (**)	0,48
Flame	0,95
Thompson	0,83
Crimson Seedless	0,86
Black Seedless	0,86
Allison (*) (**)	0,95

Fuente. Propia a partir de revisión bibliográfica.

(*) De acuerdo al Catastro Frutícola Región Coquimbo 2024, señala que el promedio de rendimiento de Red Globe es de 3.500 cajas/ha y Allison es de 3.200 cajas/ha.

(**) Respecto a los costos se obtuvo la información del documento: https://anachile.cl/wp-content/uploads/2023/08/ExpoVid2023_Status_de_la_Actualidad_del_Negocio_de_la_Uva_de_Mesa.pdf

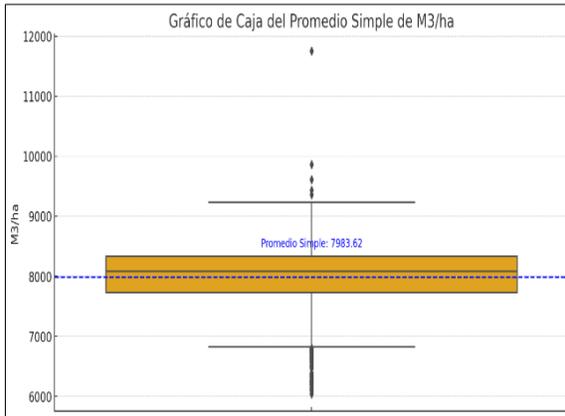
3.1.2 Resultados uva.

3.1.2.1 Análisis de la producción, m3 aplicados y márgenes.

Para representar los resultados obtenidos se emplearon gráficos de distribución que muestran la dispersión de los datos, la mediana y los cuartiles. El primer cuartil (Q1) indica el 25% de los valores más bajos, mientras que el tercer cuartil (Q3) señala que el 75% de los datos son menores a este valor. El promedio, representado por una línea roja punteada, proporciona una referencia del valor medio.

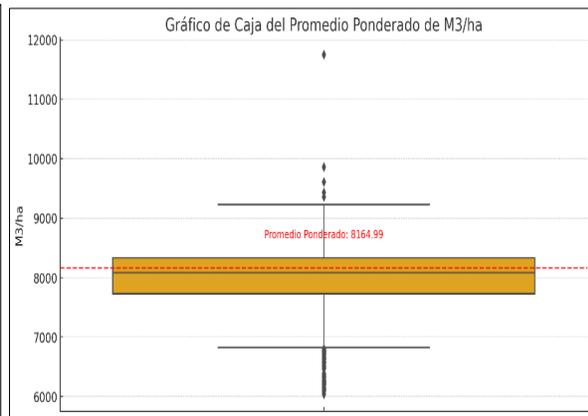
En cuanto al volumen de agua aplicado por cuartel en la producción de uva de mesa durante el año 2021, se observó que el promedio simple de 8.000 m³/ha, con una alta variabilidad, donde las aplicaciones oscilan entre los 7.000 y 9.000 m³/ha (Gráfico 7). El promedio ponderado que considera la superficie de los cuarteles es ligeramente superior (Gráfico 8), pero ambos promedios son bastante similares. Esto sugiere que las superficies de los polígonos de cultivo de uva presentan volúmenes consistentes en términos de m³/ha, sin diferencias significativas en productividad entre los cuarteles grandes y pequeños.

Gráfico 7. Promedio simple de agua utilizada en uva (m3/ha).



Fuente: Propia

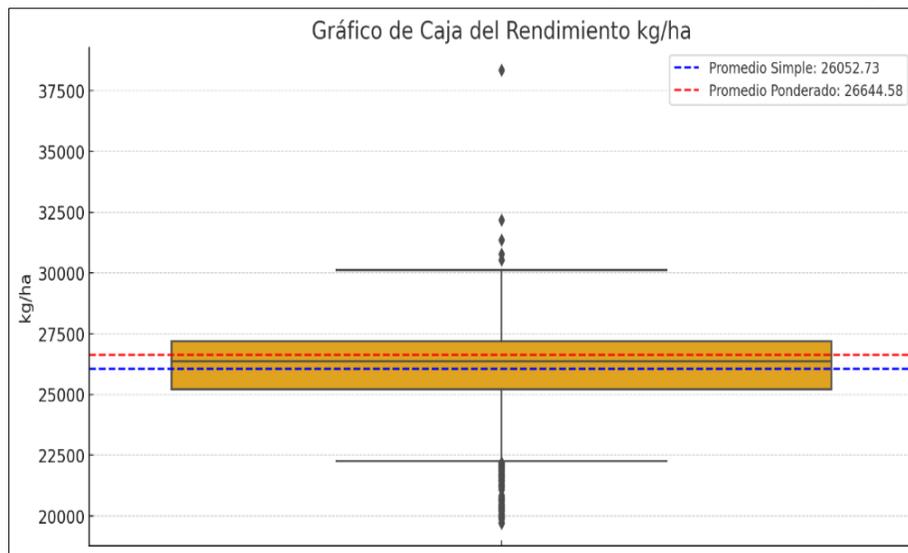
Gráfico 8. Promedio ponderado de agua utilizada en uva (m3/ha)



Fuente: Propia.

El rendimiento, sin valores atípicos, varía entre 22.500 kg/ha (2.700 cajas/ha) y 30.000 kg/ha (3.600 cajas/ha), con un promedio de 26.000 kg/ha (3.100 cajas/ha). Este valor coincide con el Catastro Frutícola de 2021, que reporta un promedio regional de 24.300 kg/ha (Gráfico 9).

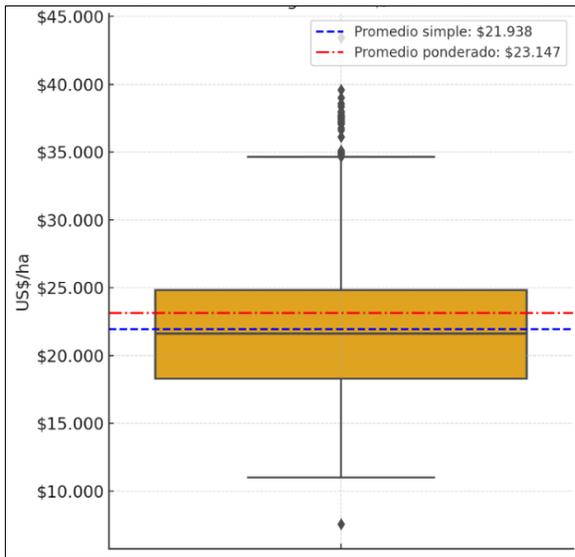
Gráfico 9. Rendimiento promedio de uva en la región de Coquimbo (kg/ha)



Fuente: Propia.

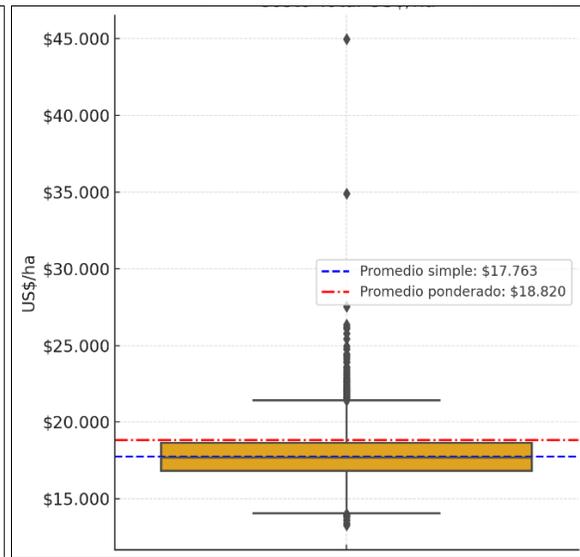
A continuación, se presentan los ingresos promedios por ha (Gráfico 10), el costo promedio ha (Gráfico 11) y el margen productor por ha (Gráfico 12) para la uva de mesa en la región de Coquimbo.

Gráfico 10. Ingreso promedio uva Coquimbo. (US\$/ha).



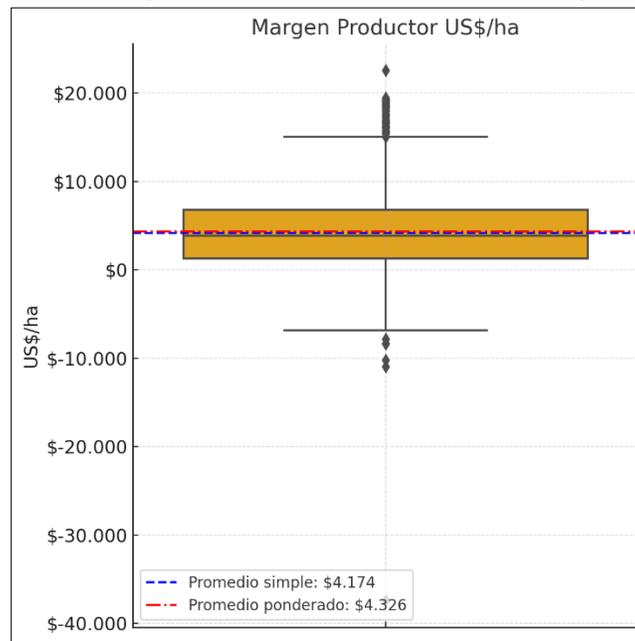
Fuente: Propia.

Gráfico 11. Costo promedio uva Coquimbo. (US\$/ha).



Fuente: Propia.

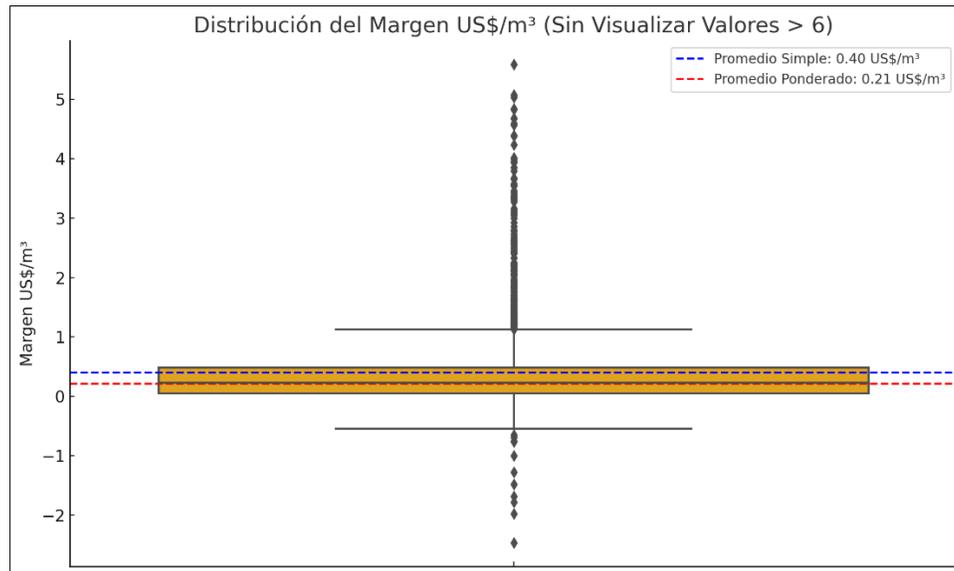
Gráfico 12. Margen promedio a productor uva Coquimbo. (US\$/ha).



Fuente: Propia.

El margen promedio simple para el productor del m3, es de 0,4 US\$/m3 y promedio ponderado por la superficie de US\$ 0,21 m3. Hay una gran variabilidad en los resultados, con la mayoría de los márgenes entre -0,5 y 1,3 US\$ (Gráfico 13).

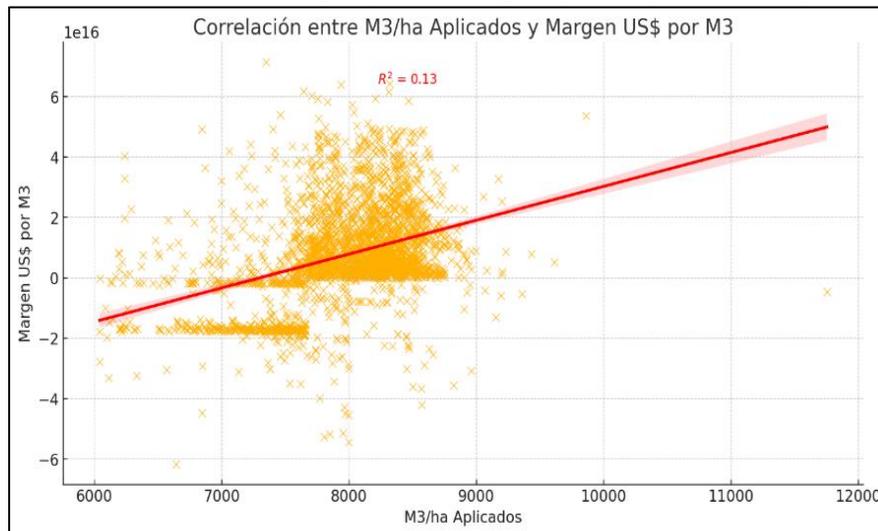
Gráfico 13. Margen promedio del m3 de agua en uva en la región Coquimbo (US\$/m3)



Fuente: Propia. Nota: Sólo para efectos visuales se eliminaron los valores US\$/m3 iguales o superior a 6.

Al analizar cómo el volumen de agua aplicado impacta en los márgenes del productor de uva de mesa, se observa una correlación muy baja (Gráfico 14), indicando una débil respuesta económica a los m3 de agua aplicados.

Gráfico 14. Correlación entre el margen por m3 de agua aplicada y los m3/ha aplicados en uva.



Fuente: Propia

Con el objetivo de determinar las razones de esta escasa relación, se realizó un análisis de clustering para identificar diferentes grupos de polígonos. Este análisis permitió identificar tres grupos con diferencias estadísticamente significativas:

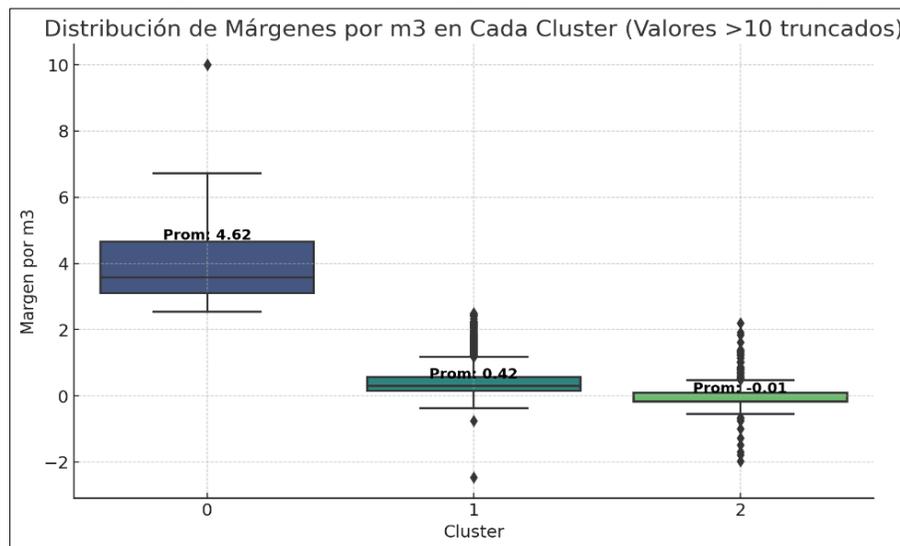
Cluster 0: Este grupo destaca por obtener los mejores márgenes económicos con volúmenes moderados de aplicación de agua, mostrando una correlación positiva entre los m3 aplicados y el margen en US\$/m3.

Cluster 1: Este grupo presenta mayores volúmenes de agua aplicados, pero sus márgenes tienden a ser más bajos e incluso negativos en algunos casos. Aún enfrentan dificultades para ser más eficientes en la utilización de los recursos hídricos.

Cluster 2: Este grupo aplica los volúmenes de agua más bajos y sus márgenes oscilan entre el equilibrio y las pérdidas, lo que sugiere que estos cuarteles están siendo afectados por la sequía.

En el gráfico 15 se muestran los clusters identificados y su relación entre los m3 aplicados y el margen por m3. Estas estrategias resultan en márgenes distintos. Un grupo de polígonos es regado eficientemente con márgenes de US\$ 4,62 por m3 aplicado. Sin embargo, un grupo significativo enfrenta menos recursos hídricos debido a la sequía (US\$ -0,01 m3) o menor eficiencia en la utilización de los recursos hídricos (US\$ 0,42 m3), resultando en márgenes negativos o bajos.

Gráfico 15. Márgenes en uva de mesa según tipo de cluster identificado (US\$/M3)

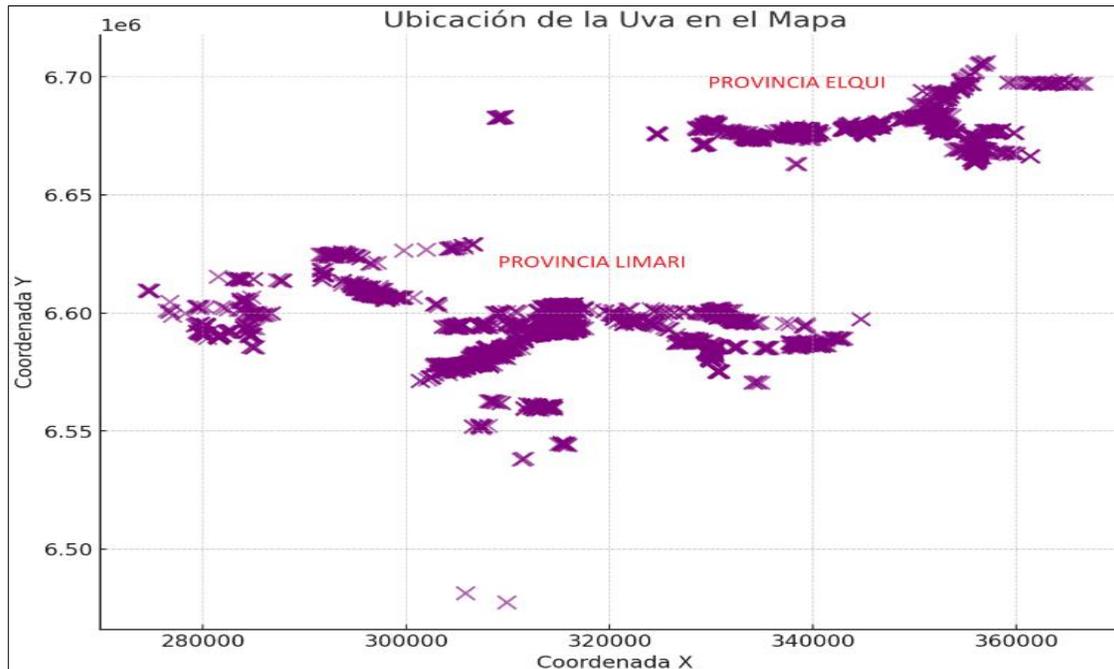


Fuente: Propia.

3.1.2.2 Análisis territorial

Para determinar diferencias geográficas en los territorios de uva de mesa en la región de Coquimbo, se creó un mapa con coordenadas (Gráfico 16). Así se estableció que la uva está ubicada en los valles de Elqui y Limarí.

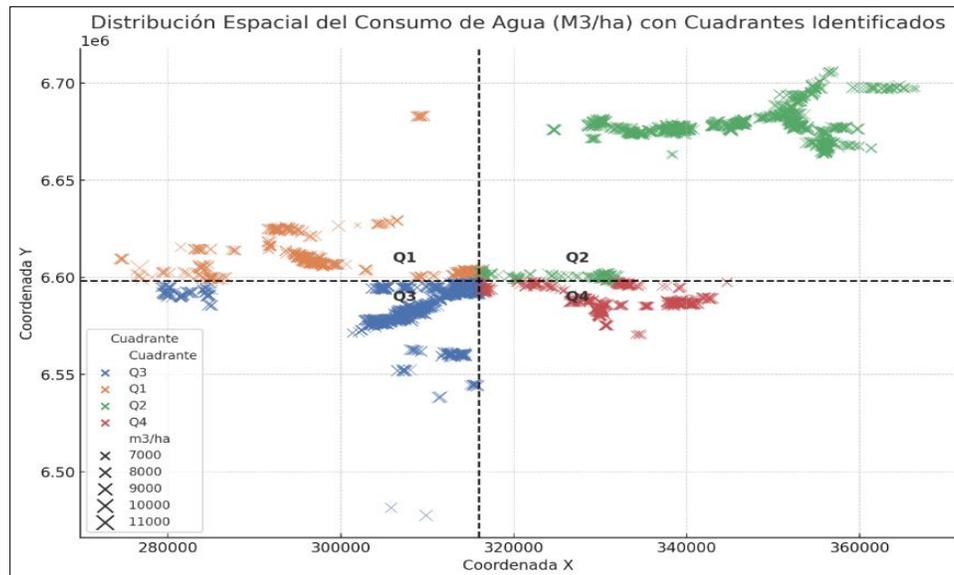
Gráfico 16. Ubicación de la uva de mesa en la región de Coquimbo



Fuente. Propia.

Para determinar diferencias geográficas significativas en el uso de m³ de agua en uvas se desarrolló un análisis estadístico por cuadrante (Gráfico 17).

Gráfico 17 Distribución espacial del consumo de agua de acuerdo a cuadrantes región Coquimbo

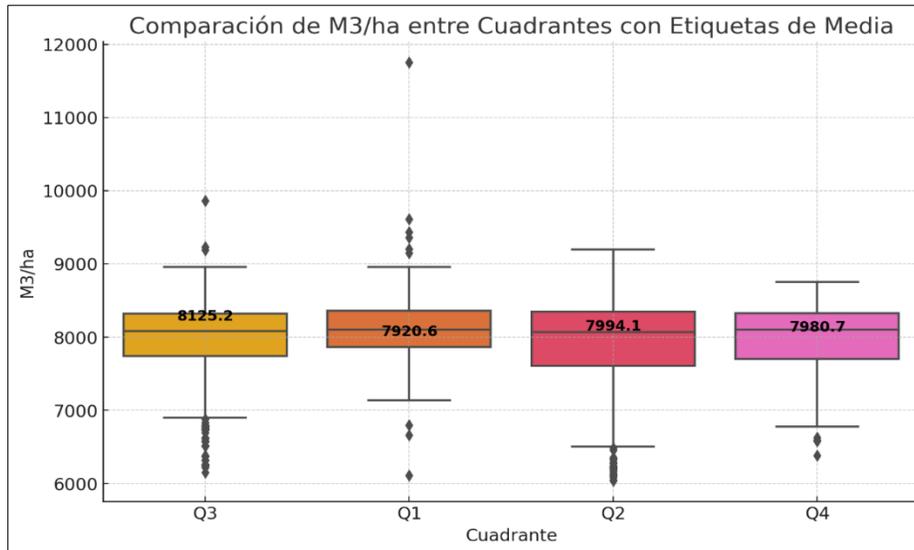


Fuente: Propia.

Del análisis se concluye que existen diferencias significativas en las tasas de aplicación entre territorios, aunque los valores promedio de m³ son similares. Entre los cuadrantes

identificados, la zona con mayor riego en uva es el cuadrante 3, que corresponde a la parte baja y sur del Limarí. Por otro lado, la zona con menor riego es la zona suroeste del Limarí, asociada al sector de Huatulame (Gráfico 18).

Gráfico 18. M3 de agua utilizados de acuerdo a los cuadrantes identificados en la región de Coquimbo (m3/ha)

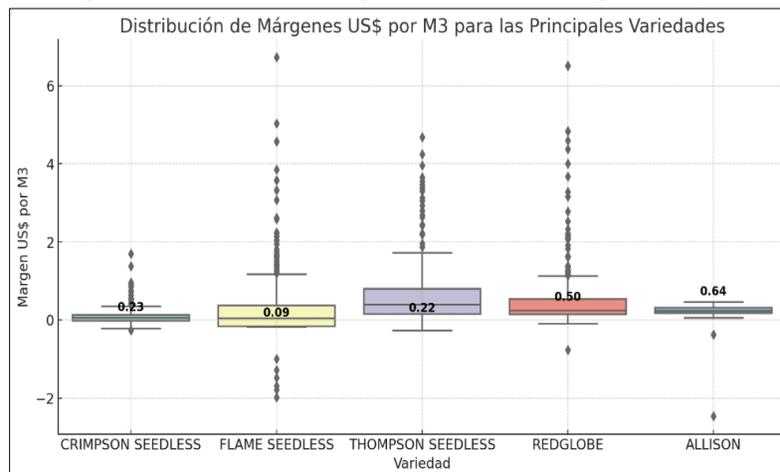


Fuente: Propia.

3.1.2.3 Análisis de variedades.

Este estudio se basa en una representación estadística a nivel de especie y no por variedad. Sin embargo, a partir de la muestra de las cinco variedades principales en Coquimbo, los márgenes varían considerablemente. Flame Seedless tiene el menor margen, mientras que Red Globe y Allison, más productivas, tienen los mayores márgenes (Gráfico 19). No obstante, algunos cuarteles de Flame alcanzan márgenes de US\$ 6.

Gráfico 19. Márgenes uva de mesa según variedades. Región Coquimbo. (US\$/ha)

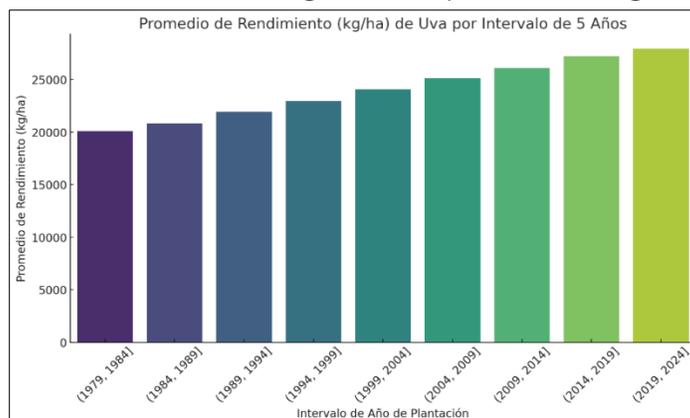


Fuente: Propia

3.2.2.4 Análisis año de plantación.

La productividad económica del agua también depende de los años de plantación (Gráfico 20). Los huertos antiguos muestran una productividad decreciente, mientras que las plantaciones nuevas son más productivas.

Gráfico 20. Rendimiento uva de mesa según año de plantación. Región Coquimbo (kg/ha)



Fuente: Propia

3.2.1.5 Resumen

La sección de uva en el informe presenta un análisis detallado de la producción, el consumo de agua y los márgenes económicos. Utilizando datos bibliográficos, se ajustaron los datos con un polinomio de segundo grado entre m^3/ha y kg/ha , generando una ecuación parabólica que proyecta el rendimiento a partir de los m^3 obtenidos. La correlación entre variables mostró un r^2 de 0,41, lo cual coincide con estudios que explican que la productividad no depende solo del agua de riego, sino también de otros factores agronómicos.

El volumen de agua aplicado por cuartel en la producción de uva de mesa durante el año 2021 tuvo un promedio simple de aproximadamente $8.000 m^3/ha$, con una alta variabilidad, las aplicaciones oscilan entre los 7.000 y $9.000 m^3/ha$. El rendimiento varía entre $22.500 kg/ha$ y $30.000 kg/ha$, con un promedio de $26.000 kg/ha$. Este valor coincide con el Catastro Frutícola de 2021, que reporta un promedio regional de $24.300 kg/ha$.

El margen promedio simple para el productor por m^3 , es de $0,4 US\$/m^3$ y promedio ponderado por la superficie de los polígonos de $US\$ 0,21$. Hay una gran variabilidad en los resultados, con la mayoría de los márgenes entre $-0,5$ y $1,3 US\$$. Al analizar cómo el volumen de agua aplicado impacta en los márgenes del productor de uva de mesa, se observa una correlación muy baja, indicando una débil respuesta económica a los m^3 de agua aplicados.

Se realizó un análisis de clustering para identificar diferentes grupos de polígonos. Este análisis permitió identificar tres grupos con diferencias estadísticamente significativas:

- Cluster 0: Obtiene los mejores márgenes económicos con volúmenes moderados de aplicación de agua, mostrando una correlación positiva entre los m^3 aplicados y el margen en $US\$/m^3$.

- Cluster 1: Presenta mayores volúmenes de agua aplicados, pero sus márgenes tienden a ser más bajos e incluso negativos en algunos casos.
- Cluster 2: Aplica los volúmenes de agua más bajos y sus márgenes oscilan entre el equilibrio y las pérdidas, lo que sugiere que estos cuarteles están siendo afectados por la sequía.

Geográficamente, el mayor uso de agua para uva se encuentra en la parte baja y sur del Limarí, mientras que la zona de menor riego es la parte suroeste del Limarí, en Huatulame. Los márgenes económicos varían significativamente entre las variedades de uva. "Flame Seedless" tiene los menores márgenes, mientras que "Red Globe" y "Allison" presentan los mayores dentro de las especies con mayor superficie el 2021. Las plantaciones más nuevas son más productivas, mientras que las más antiguas muestran una productividad decreciente.

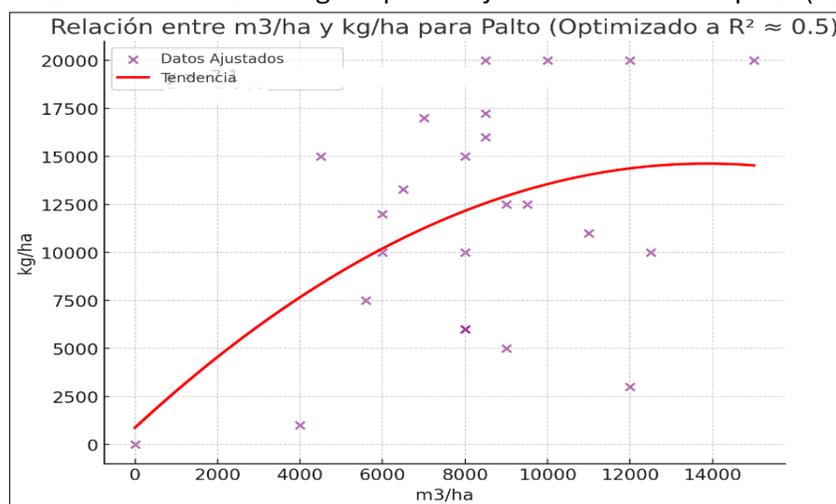
Finalmente debido a la variabilidad de los precios anuales de la uva de mesa y de acuerdo a la información del cuadro 2, tomando como base la temporada 2020/21, los precios de la uva de mesa de exportación promedio de todas las variedades variaron entre un 47,4% y un -17,9% en relación a la situación base (20/21), esto arroja un valor promedio simple de US\$ 1,4 m3 para el precio máximo y de US\$ 0,03 m3 cuando se da la situación de precio mínimo de exportación.

3.2. Palto

3.2.1 Metodología

Para determinar la producción y los m3 de agua aplicada en palto, se ajustó un modelo polinómico de segundo grado basado en bibliografía. Dada la baja correlación entre variables por la dispersión de datos, se aisló datos extremos para lograr una correlación de 0.5, mejorando notablemente los resultados sin distorsionar la relación entre variables (Gráfico 21).

Gráfico 21 Relación entre el agua aplicada y el rendimiento del palto (m3/ha)



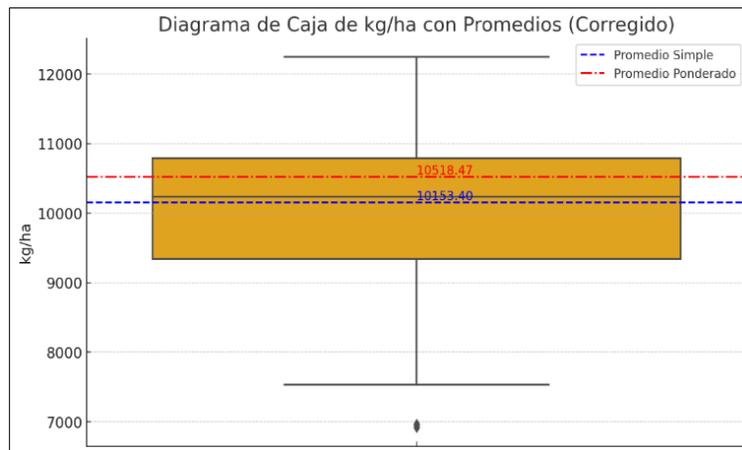
Fuente: Propia a partir de varias fuentes bibliográficas.

3.2.2 Resultados.

3.2.2.1 Análisis producción, m3 y margen.

El rendimiento promedio del palto en la región es de aproximadamente de 10 toneladas por hectárea, con un rango entre 7.5 y 12 toneladas por hectárea, sin contar valores atípicos. Este rendimiento es ligeramente superior al promedio de 9.2 toneladas por hectárea identificado en el Castro Frutícola 2021. Los promedios simple y ponderado son muy similares, lo que sugiere que la mayoría de los valores no están influenciados significativamente por áreas con mayor superficie frutal (Gráfico 22).

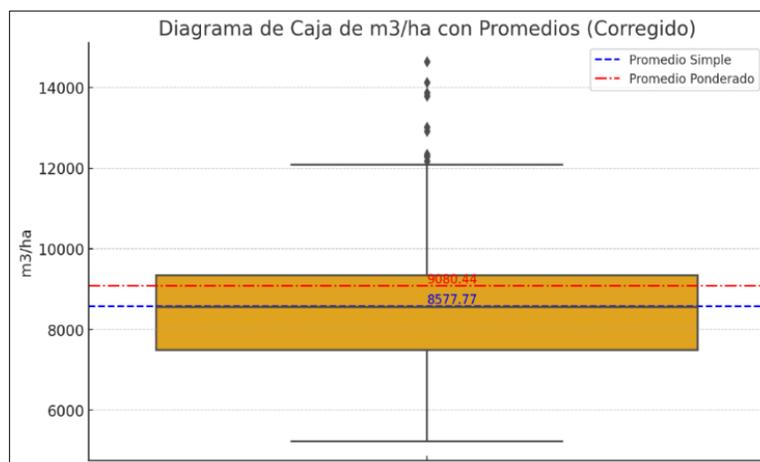
Gráfico 22. Promedio simple y ponderado del rendimiento en palto región Coquimbo (kg/ha).



Fuente: Propia

En promedio, se aplican de agua entre 8.500 y 9.000 m3/ha, valores que están dentro de los rangos indicados por la literatura y los informantes calificados, aunque pueden variar entre 5.500 y 12.000 m3/ha. Los promedios simple y ponderado para los cuarteles son bastante similares, lo que muestra que las parcelas más grandes no sesgan los resultados en m3/ha (Gráfico 23).

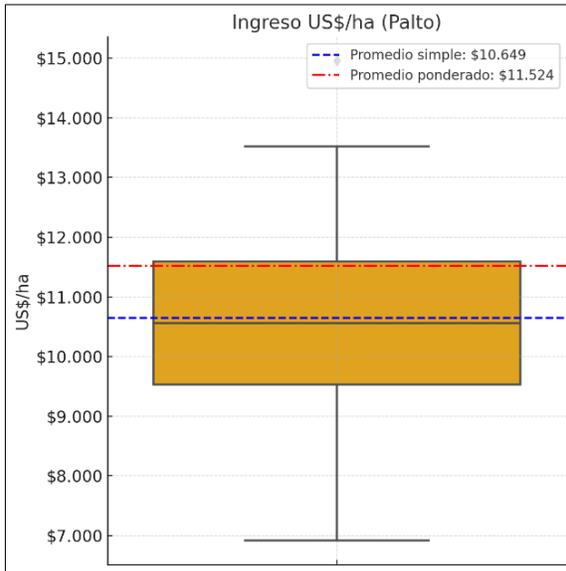
Gráfico 23. Promedio simple y ponderado de agua utilizada palto región Coquimbo (M3/ha).



Fuente: Propia

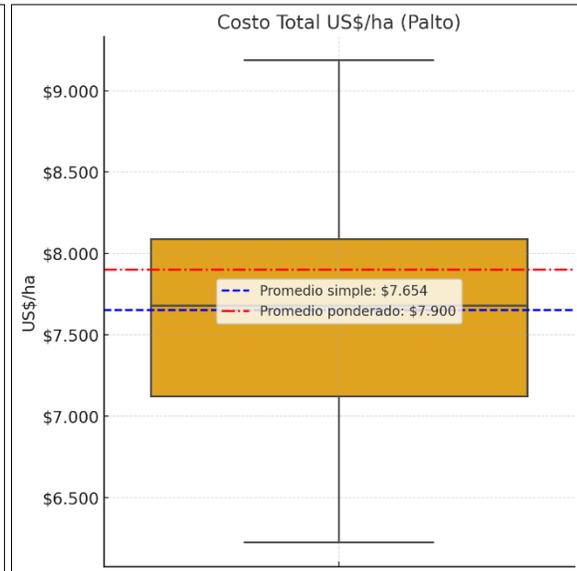
A continuación, se presenta el ingreso promedio por ha (Gráfico 24), el costo total ha (Gráfico 25) y el margen a productor (Gráfico 26) para palto en la región de Coquimbo

Gráfico 24. Ingreso promedio palto (US\$/ha).



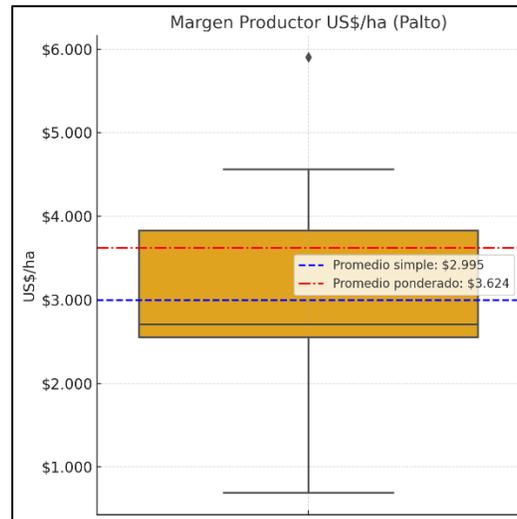
Fuente: Propia

Gráfico 25. Costo promedio palto (US\$/HA)



Fuente: Propia

Gráfico 26. Margen a productor palto (US\$/ha)

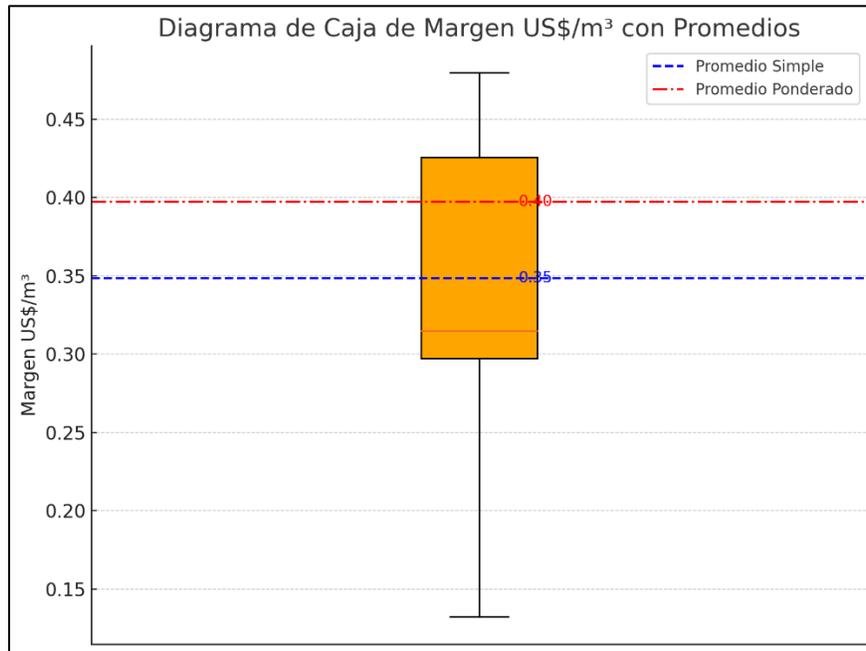


Fuente: Propia

En cuanto al margen obtenido por m³, hay diferencias entre los promedios simple (US\$ 0,35/m³) y ponderado por la superficie de los polígonos (US\$ 0,4/m³). El promedio ponderado más alto indica que las plantaciones más grandes obtienen mejores márgenes, posiblemente

debido a economías de escala, mejores prácticas de gestión o mayor eficiencia en el uso de recursos. Los márgenes varían entre US\$ 0,1 y US\$ 0,5 por m3. (Gráfico 27).

Gráfico 27.-Margen promedio simple y ponderado del m3 de agua en palto región Coquimbo (US\$/M3)

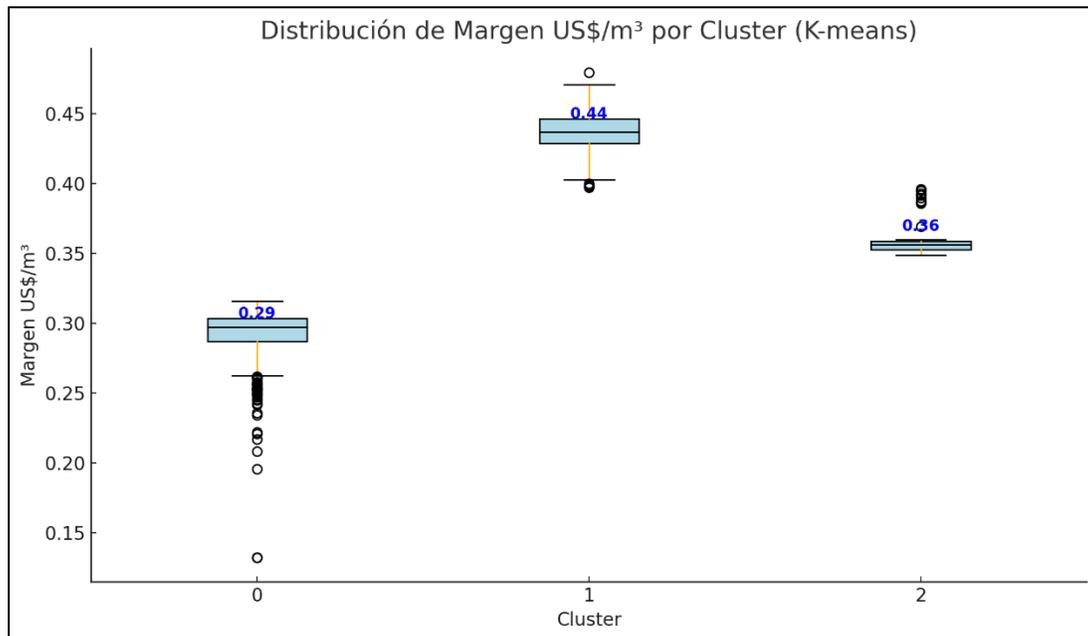


Fuente: Propia

Al correlacionar los márgenes al productor en US\$/m3 con los m3/ha aplicados, se observó que existe una baja relación, lo que sugiere que el margen económico (US\$ margen m3) no está significativamente influenciado por el consumo de agua. Otros factores, como la eficiencia en la gestión, los costos operativos o los precios de venta, parecen tener un papel más importante.

Para evaluar si existían diferencias entre grupos de cuarteles, se realizó un análisis estadístico (clustering). Se estableció que hay tres grupos con diferencias significativas: **Cluster 0**, que muestra márgenes más bajos e incluso negativos en algunos casos, con un promedio de US\$ 0,29 m3; **Cluster 1**, que presenta márgenes más altos, con un margen de US\$ 0,44 m3; y **Cluster 2**, que muestra los márgenes más estables, con un margen de US\$ 0,36 m3. Estos márgenes obtenidos se presentan en el gráfico 28.

Gráfico 28. Márgenes por m³ de agua de acuerdo a los cluster identificados en palto región Coquimbo (US\$/m³)

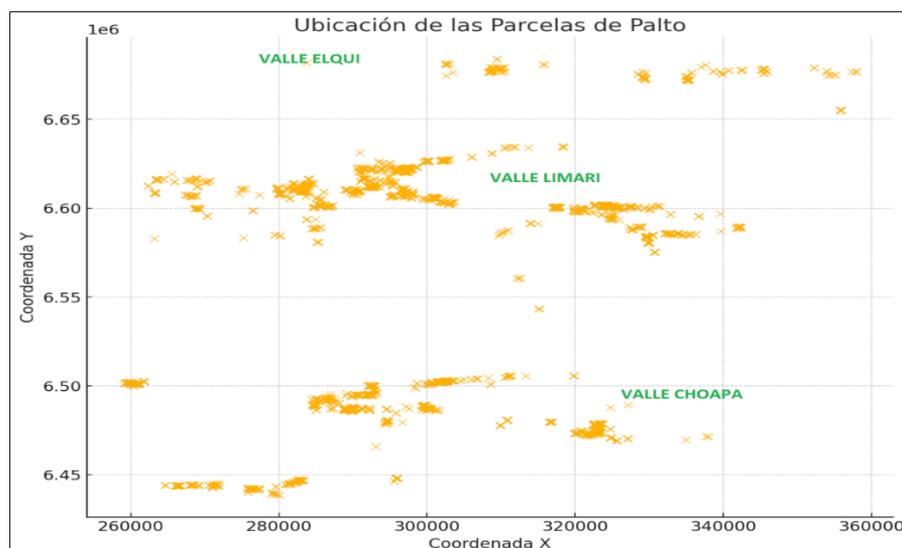


Fuente: Propia

3.2.2.2 Análisis territorial

El gráfico 29 muestra la ubicación del palto en la región de Coquimbo, distribuido en los tres valles.

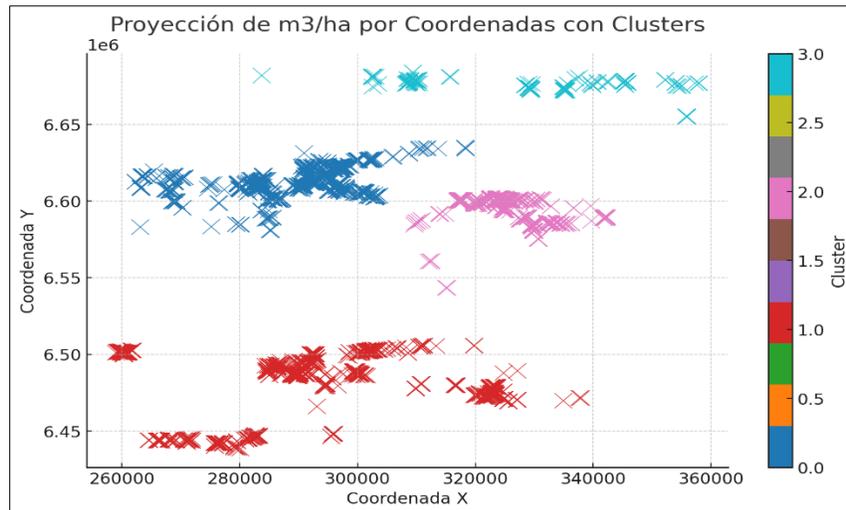
Gráfico 29. Ubicación de las parcelas de palto en la región de Coquimbo



Fuente: Propia

Para identificar diferencias territoriales en la aplicación de m³, se realizó un análisis estadístico (Clustering), que identificó cuatro grupos. Estos se muestran en el gráfico 30.

Gráfico 30. Cluster identificados en palto en la región de Coquimbo de acuerdo a la aplicación de agua (M3/ha).



Fuente: Propia

Los clusters 0 y 1 (representados por los colores azul y rojo, respectivamente) exhiben los valores promedio más altos de aplicación con 8,669 y 8,713 m3/ha. Por otro lado, el cluster 2 (color morado) muestra el promedio de aplicación más bajo, registrando 8,251 m3/ha en el sector de Hutulame, lo que coincide con los hallazgos previos en uva de mesa. Finalmente, el cluster 3 (color celeste) presenta valores intermedios (8,388 m3/ha), asociados específicamente al valle de Elqui.

3.2.2.3 Resumen

El rendimiento promedio del cultivo de palto en la región de Coquimbo es de 10 Ton/ha, con valores que fluctúan entre 7,5 y 12 Ton/ha. En términos de consumo hídrico, la aplicación de agua promedio varía entre 8.500 y 9.000 m3/ha. Se observan diferencias significativas en los márgenes económicos entre promedios simples y ponderados, siendo el promedio ponderado superior gracias a economías de escala y mejores prácticas de gestión. Los márgenes económicos promedios simples oscilan entre US\$ 0,1 y US\$ 0,5 por m3.

El análisis estadístico (clustering) identificó tres grupos con diferencias significativas en los márgenes:

- **Cluster 0:** Margen promedio de US\$ 0,29/m3, incluyendo algunos casos negativos.
- **Cluster 1:** Margen promedio de US\$ 0,44/m3, con menor variabilidad.
- **Cluster 2:** Margen promedio de US\$ 0,36/m3, mostrando mejor estabilidad.

Además, el análisis territorial reveló variaciones en la aplicación de agua entre tres valles de la región, con promedios que van desde 8.251 m3/ha hasta 8.713 m3/ha. Para mejorar la rentabilidad del palto, es fundamental optimizar los costos de producción y la eficiencia en el uso de recursos. En lugar de enfocarse exclusivamente en incrementar la producción o mejorar

el precio, es crucial centrar los esfuerzos en optimizar los costos operacionales y maximizar la eficiencia en el uso de recursos, como el agua, para obtener mejores márgenes por m³/ha.

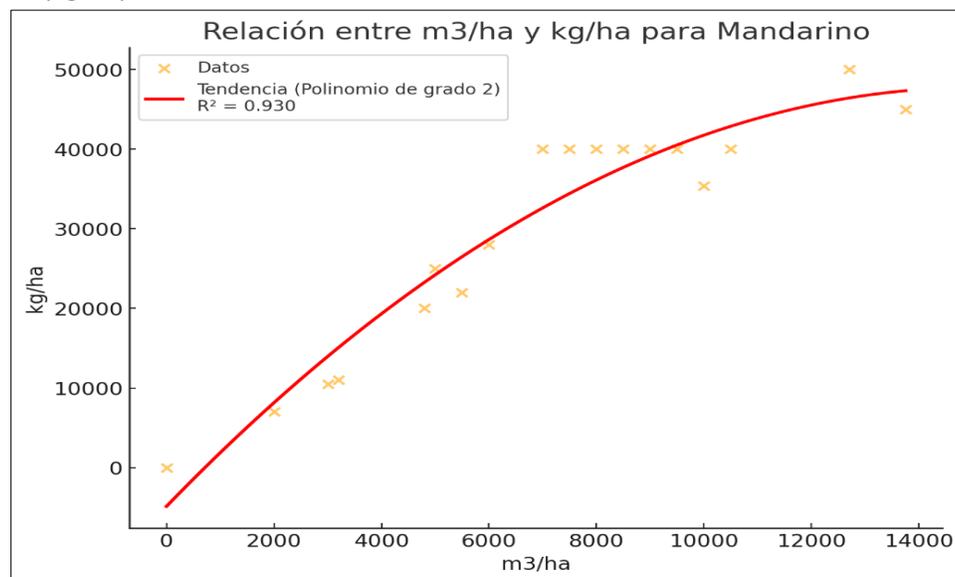
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precios de las últimas 9 temporadas del precio de exportación, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, dado que se obtuvo el precio máximo en esta temporada, no hubo variación máxima, el precio mínimo se dio en 2018/19 con una variación de -25,8% en relación al escenario base. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 0,2 m³ y US\$ 0,3 m³ en el período analizado.

3.3 MANDARINO

3.3.1 Metodología

La primera actividad realizada fue definir la curva de productividad, resultando en una función de segundo grado que relaciona m³/ha de agua aplicada con la productividad. A diferencia de cultivos como la uva y el palto, se encontró una relación altamente positiva entre estas variables en el mandarina. Sin embargo, esta proyección tiene limitaciones debido a la escasa información bibliográfica disponible y porque los datos obtenidos aún no reflejan valores de rendimientos decrecientes, estando la curva aun en crecimiento (Gráfico 31). En contraste, para la uva y el palto había información que demostraba rendimientos decrecientes con altos volúmenes de agua aplicada.

Gráfico 31. Relación entre el agua aplicada (m³/ha) y el rendimiento del mandarina región de Coquimbo (kg/ha)



Fuente: Propia

Para determinar los precios, se usaron antecedentes de Aduanas y los precios US\$ FOB. Al retorno al productor se le restó un 50% del precio FOB. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Precio promedio ponderado por variedad utilizados en las estimaciones del mandarino

Variedad	US\$ FOB
CLEMENULES	1,0
OROGRADE	1,1
ORONULES	1,1
ORRI	0,9
TANG GOLD O TANGO	0,7
W.MURCOTT	1,0

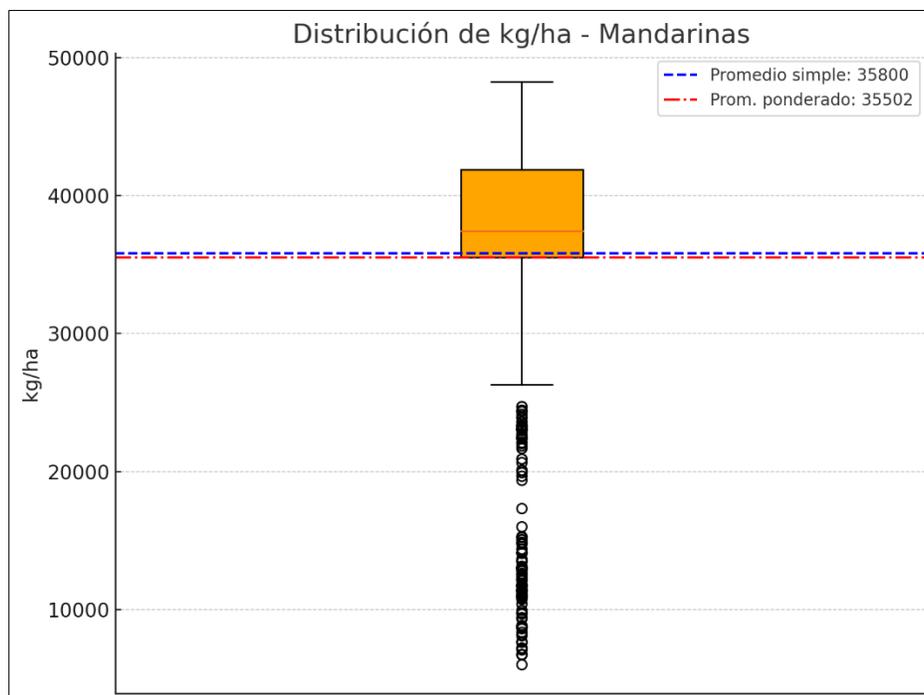
Fuente: Aduanas

3.3.2 Resultados mandarina.

3.3.2.1 Análisis producción, m3 y margen.

El promedio de rendimiento es de 32 ton, coincidiendo con el Catastro Frutícola. No hay diferencias entre los promedios simple y ponderado. Los rendimientos varían entre las 25 y 48 ton, excluyendo valores atípicos (ver Gráfico 32).

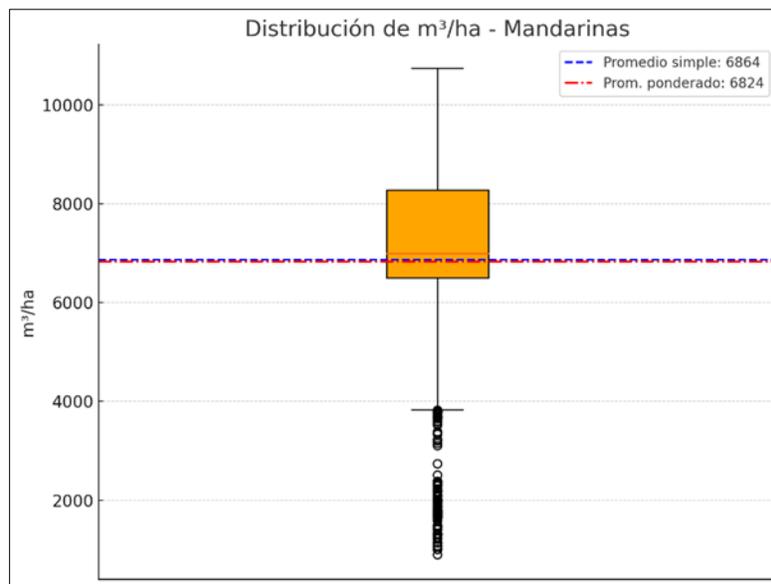
Gráfico 32. Rendimiento promedio y ponderado del mandarino región de Coquimbo (Ton/ha)



Fuente: Propia

Los promedios de m3/ha aplicados varían entre 400 y 10.000 m3/ha sin valores atípicos, con un promedio ponderado por la superficie y simple de 6.800 m3/ha (Gráfico 33).

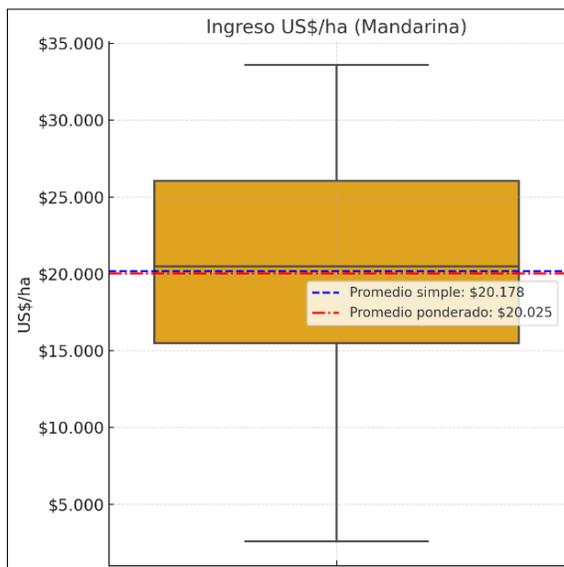
Gráfico 33. Promedio simple y ponderado del agua aplicada en mandarino región de Coquimbo (M3/ha)



Fuente: Propia

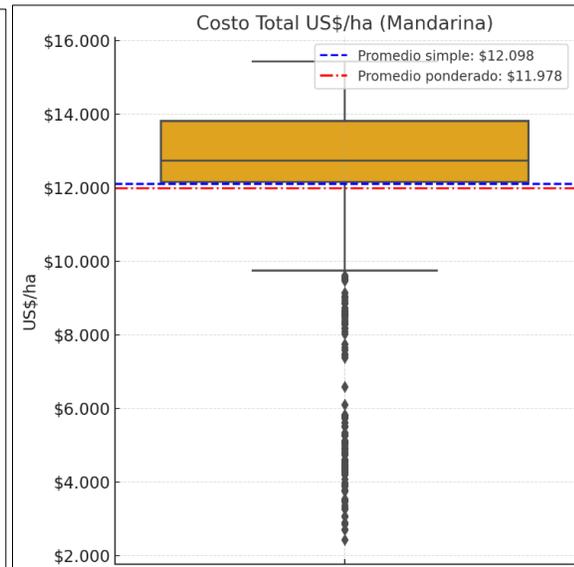
A continuación, se presentan el ingreso por ha (Gráfico 34), el costo por ha (Gráfico 35) y el margen al productor (Gráfico 36), de las mandarinas para la región de Coquimbo.

Gráfico 34. Ingreso promedio mandarina (US\$/ha).



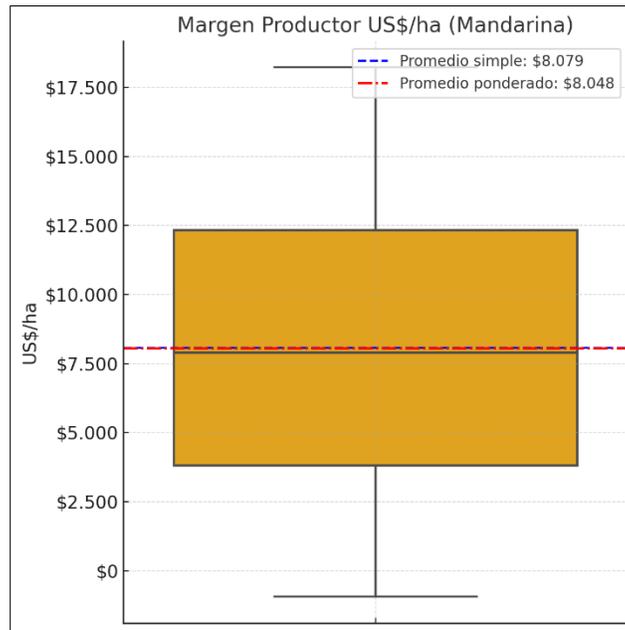
Fuente: Propia

Gráfico 35. Costo promedio mandarina (US\$/ha)



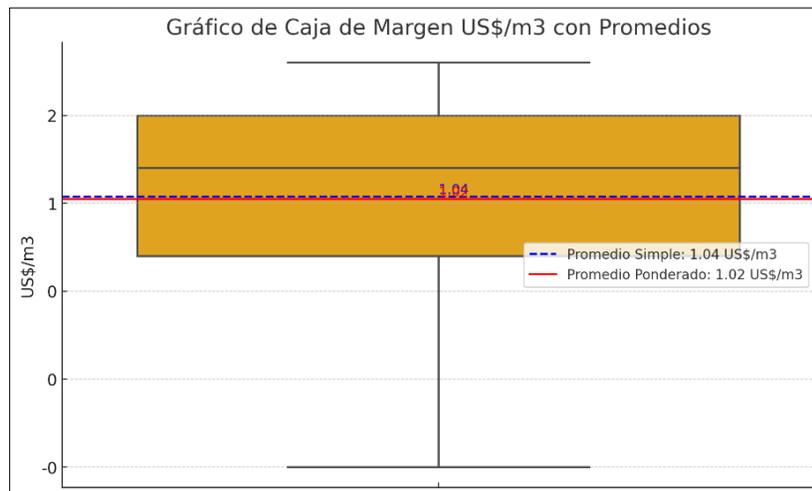
Fuente: Propia.

Gráfico 36. Margen a productor mandarina (US\$/ha)



En cuanto a los márgenes US\$/m³, se observa una coincidencia alrededor de US\$ 1 por m³ (Gráfico 37), entre el promedio simple y el ponderado por la superficie; esto indica que, en el caso de las mandarinas, no hay un impacto del tamaño de los polígonos en la rentabilidad por metro cúbico. Esta situación se debe a que los tamaños de los cuarteles son relativamente homogéneos, a diferencia del cultivo de palto, donde existe una significativa variabilidad en los tamaños, con una notable concentración de pequeñas parcelas.

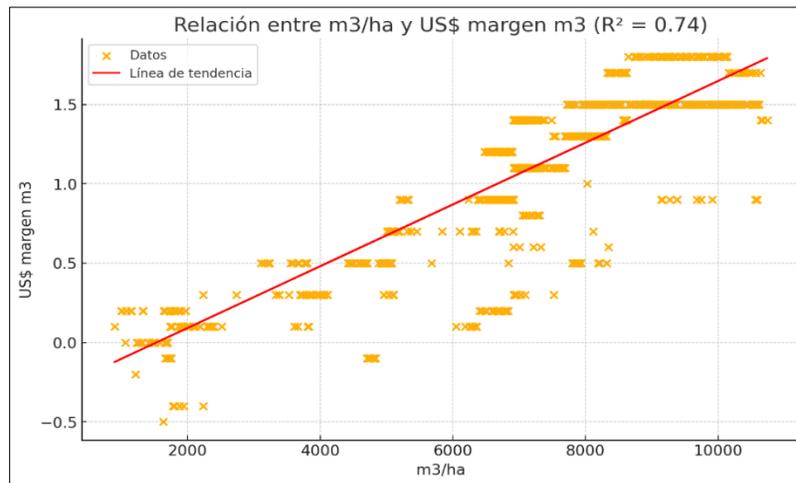
Gráfico 37. Promedio simple y ponderado del margen económico del mandarino en la región de Coquimbo (US\$/M³).



Fuente: Propia

Para identificar posibles grupos en el uso de los recursos hídricos y su impacto en los márgenes en US\$ por m3, se realizó una correlación entre todos los valores obtenidos del agua aplicada y la productividad. Se estableció que existen distintos grupos entre los polígonos, encontrándose una correlación positiva entre los m3 y el margen (ver Gráfico 38).

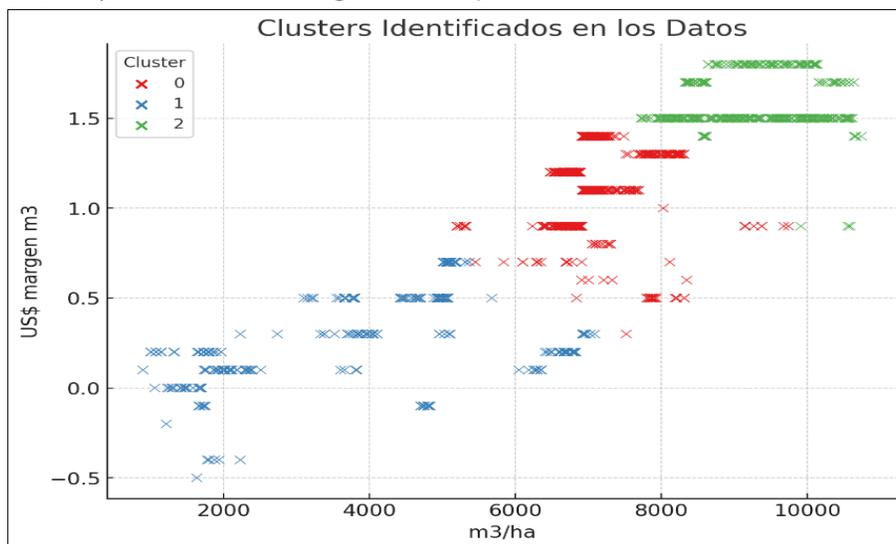
Gráfico 38. Relación entre el agua aplicada en mandarina (m3/ha) y el margen obtenido (US\$/m3) en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

El análisis estadístico identificó distintos grupos (Cluster), como se observa en el gráfico 39.

Gráfico 39. Cluster identificados de acuerdo a la relación agua aplicada (m3/ha) y margen obtenido (US\$/M3) en mandarinas región de Coquimbo.

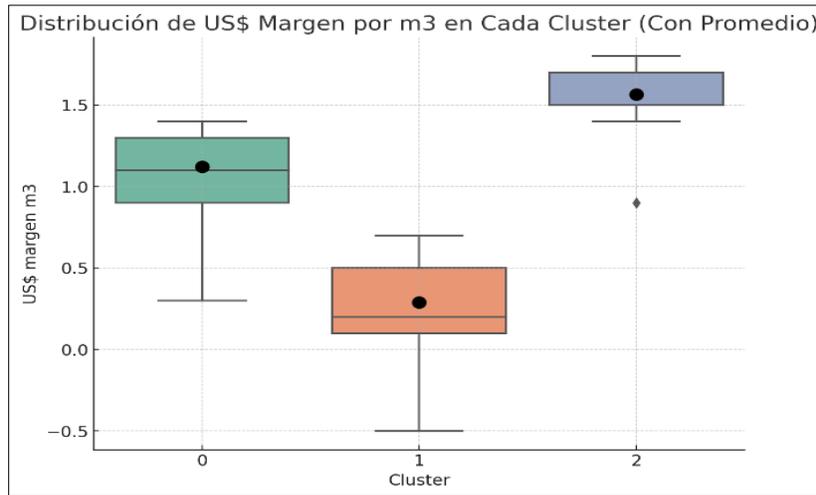


Fuente: Propia

El primer grupo, Cluster 0 (Margen Bajo - Producción Baja a Media): tiene un margen económico bajo por metro cúbico. El Cluster 1 (Margen Alto - Producción Alta): incluye las unidades con

altos volúmenes de producción y márgenes económicos altos, representando los cuarteles más eficientes. El Cluster 2 (Margen Medio - Producción Media): presenta valores intermedios en producción y en margen económico. Los márgenes promedio son: Cluster 2, 1,6 US\$ m3, Cluster 0 con 1,1 US\$ m3 y Cluster 1 con 0,4 US\$ m3 (Gráfico 40).

Gráfico 40. Margen económico promedio (US\$/m3) obtenido en mandarinas de acuerdo a cluster identificado en la Región de Coquimbo.

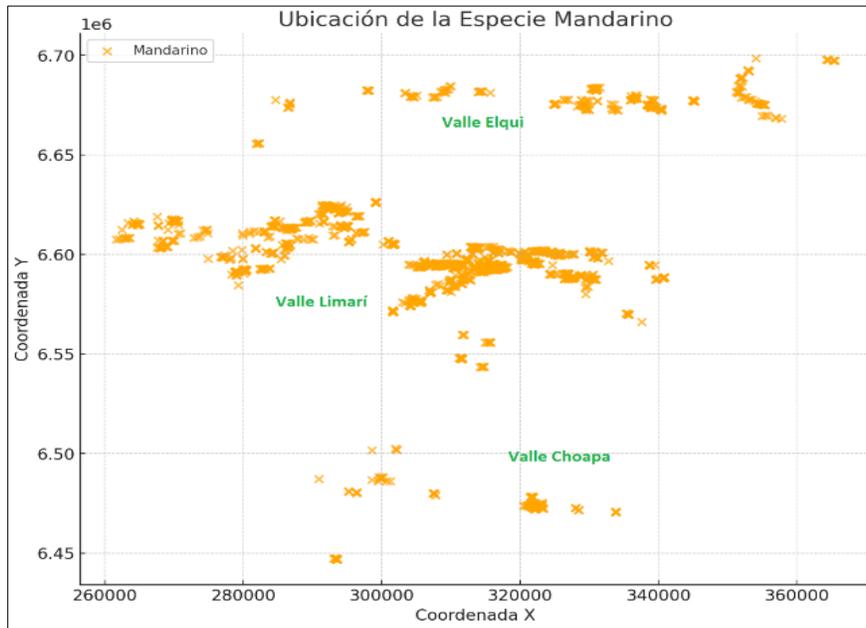


Fuente: Propia

3.3.2.2 Análisis territorial.

Según el Gráfico 41, el mandarino está presente en los tres valles de la región, desde las partes altas hasta las bajas.

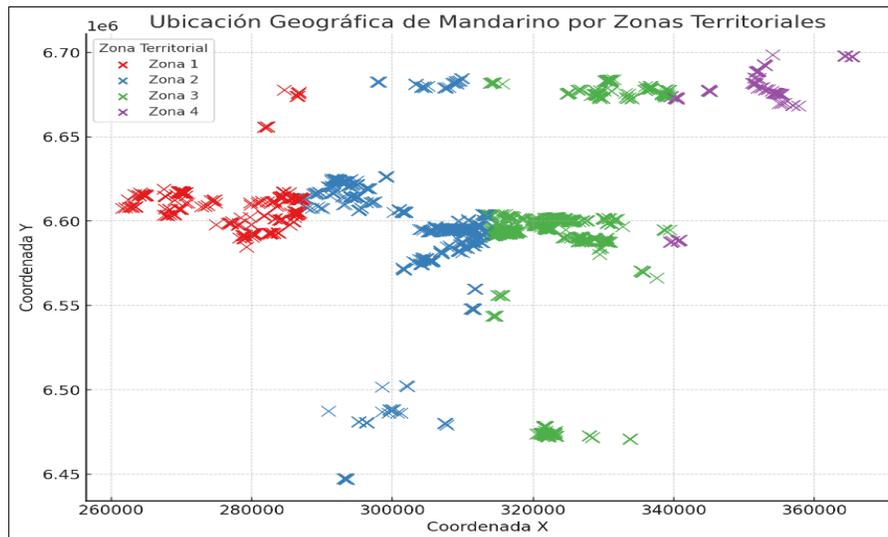
Gráfico 41 Ubicación de los huertos de mandarinos en la región de Coquimbo



Fuente: Propia

Para evaluar diferencias en la aplicación de agua en los territorios, se identificaron cuatro zonas: cordillerana (Cluster 4), precordillera (Cluster 3), valles intermedios (Cluster 2) y costera (Cluster 1) (Gráfico 42).

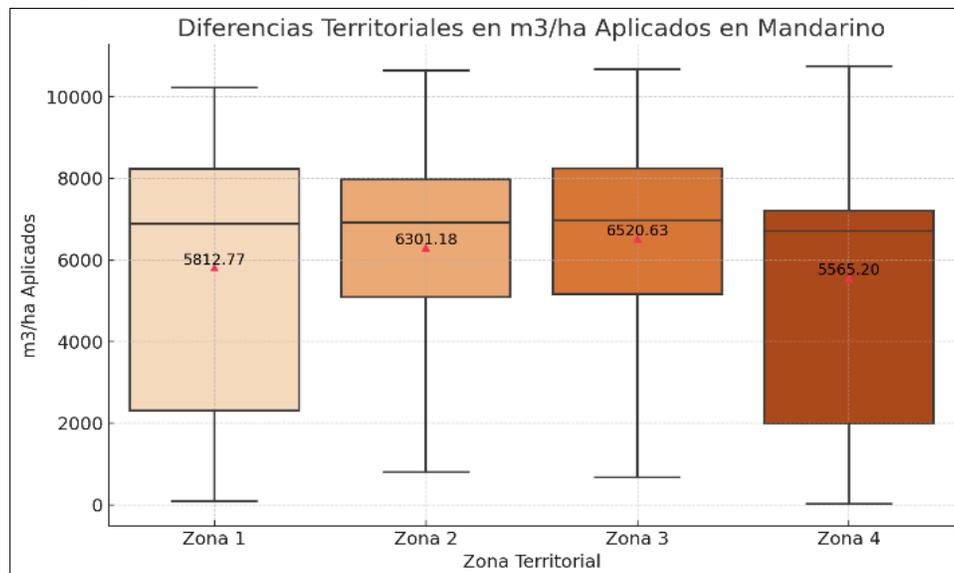
Gráfico 42. Diferencias territoriales en la aplicación de agua en mandarina en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Al analizar las zonas, encontramos que las zonas 1 y 4 usan menos agua debido a sus climas fríos en la cordillera y la costa. En cambio, las zonas 2 y 3 aplican más recursos hídricos porque tienen climas más cálidos (Gráfico 43).

Gráfico 43. Promedios de agua aplicados en mandarina de acuerdo a los distintos territorios identificados. (M3/ha).



Fuente: Propia

3.2.2.4 Resumen

En el análisis sobre el mandarino, se observó que los promedios de agua aplicada variaban entre 200 y 10,000 m³/ha considerado, con un promedio ponderado y simple de 6.800 m³/ha. Los márgenes económicos por metro cúbico de agua eran aproximadamente de US\$ 1 m³, sin grandes diferencias debido a tamaños similares de los cuarteles. Se identificaron tres grupos o clusters de producción basados en la rentabilidad y la producción: Cluster 0 con un margen económico de US\$ 1,1 m³, Cluster 1 con un margen económico de US\$ 0,4 m³ y Cluster 2 con un margen económico de US\$ 1,6 m³. En el análisis territorial, se identificaron cuatro zonas diferentes en cuanto a la aplicación de agua. Las zonas 1 y 4 aplicaban menos agua debido a sus climas más fríos, mientras que las zonas 2 y 3 aplicaban más agua debido a climas más calurosos.

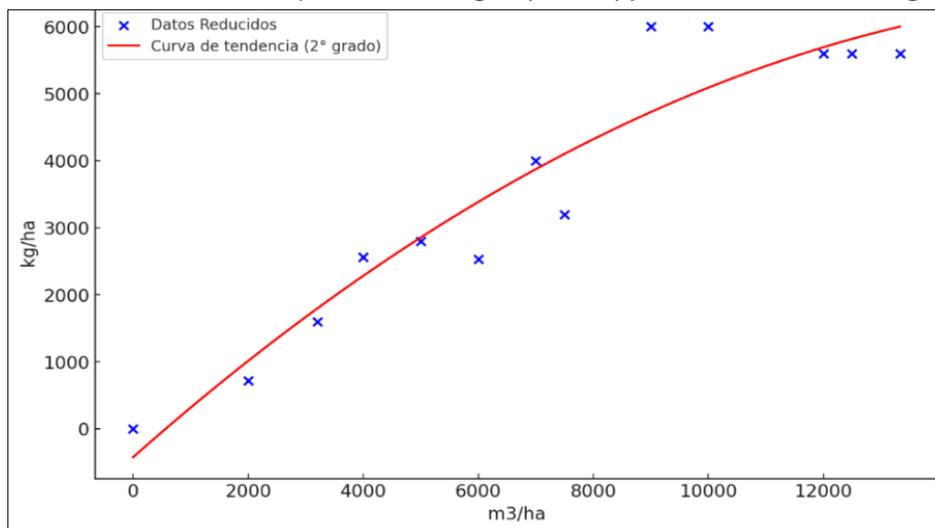
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios máximos presentaron un 34,5% más que la temporada base y no existe variación en el precio mínimo ya que el 20/21 se dio el menor precio de exportación. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 1,04 m³ y US\$ 1,89 m³.

3.4 Nogal

3.4.1 Metodología

La primera actividad fue definir la curva de productividad, encontrando una función de segundo grado entre los m³/ha de agua aplicada y la productividad. Esta relación positiva se proyectó para calcular los rendimientos utilizando los consumos obtenidos de las imágenes satelitales (Gráfico 44).

Gráfico 44. Relación entre la aplicación de agua (m³/ha) y el rendimiento en nogal (kg/ha)



Fuente: Propia

Se ajustaron los márgenes económicos por m³ de agua aplicada debido a que aproximadamente el 10% de la superficie de nogal en el análisis se encuentra bajo un sistema de riego por surco, el cual presenta una eficiencia significativamente menor en comparación con el riego por goteo. Aunque ambos métodos aplican una cantidad similar de agua, el riego por surco tiene una eficiencia de aplicación más baja, lo que reduce la disponibilidad efectiva de agua para la planta y, en consecuencia, disminuye la productividad (kg/ha). En cambio, el riego por goteo permite una entrega más precisa y uniforme del recurso hídrico, mejorando la absorción por parte del cultivo y aumentando los rendimientos, lo que se refleja en márgenes económicos por m³ más altos.

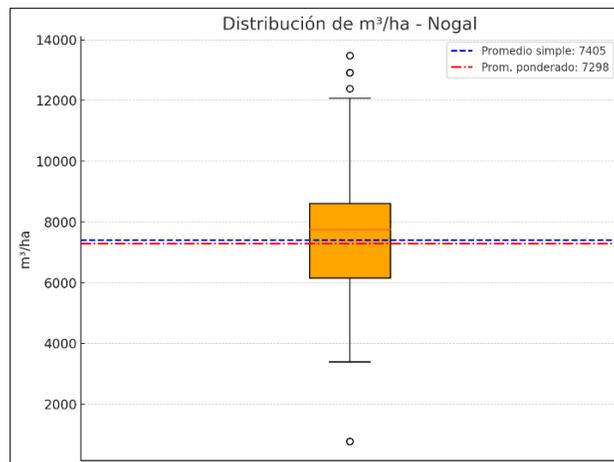
Diversos estudios en Chile respaldan esta diferencia. Por ejemplo, investigaciones del INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias) y publicaciones de la CNR (Comisión Nacional de Riego) han demostrado que el riego por goteo en frutales como el nogal puede alcanzar eficiencias superiores al 90%, mientras que el riego por surco rara vez supera el 50–60%. Esta brecha en la eficiencia puede traducirse en diferencias de productividad de hasta 20-30% según condiciones edafoclimáticas y manejo agronómico. El precio FOB de nueces con cáscara varió entre 2 y 3.5 US\$/kg, dependiendo de la calidad y el mercado. Para nueces sin cáscara, el precio osciló entre 7.6 y 9 US\$/kg por su mayor valor agregado. En el mercado nacional, las nueces con cáscara se estimaron en 2 US\$/kg. El costo promedio fue de 1.00 US\$/kg para las nueces con cáscara y 2.97 US\$/kg para las sin cáscara.

3.4.2 Resultados

3.4.2.1 Análisis productividad, m3 y margen.

Los promedios simples y ponderados de los m³/ha aplicados fueron 7.400 m³/ha y 7.300 m³/ha respectivamente (Gráfico 45).

Gráfico 45. Agua promedio simple y ponderado aplicado al nogal en la región de Coquimbo (m³/ha).

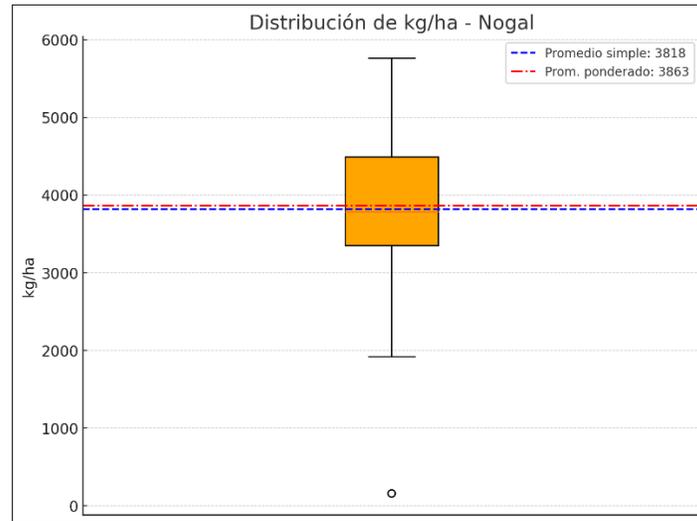


Fuente: Propia

En relación a los rendimientos estos valores están cercanos a los 4.000 kg/ha (Gráfico 46) los cuales no coinciden con los promedios del Catastro Frutícola, que establece un promedio

menor 2.200 kg/ha a nivel regional, pero sí con estudios de INIA Intihuasi, donde huertos bien manejados alcanzan 6.000 kg/ha para Serr y 7.000 kg/ha para Chandler en su octavo año.

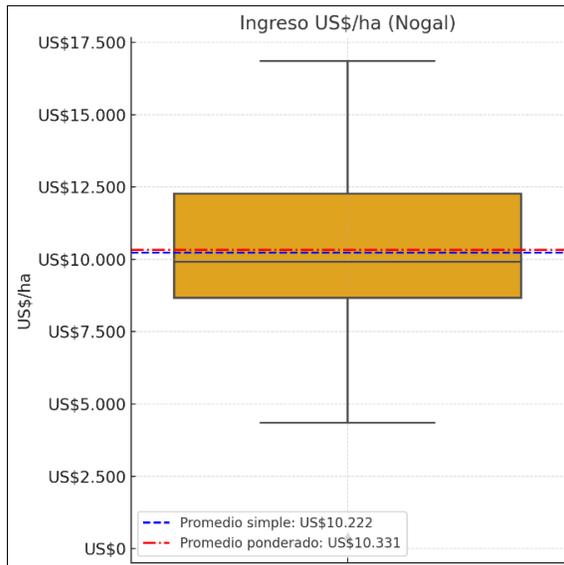
Gráfico 46. Rendimiento promedio simple y ponderado del nogal en la región de Coquimbo (kg/ha).



Fuente: Propia

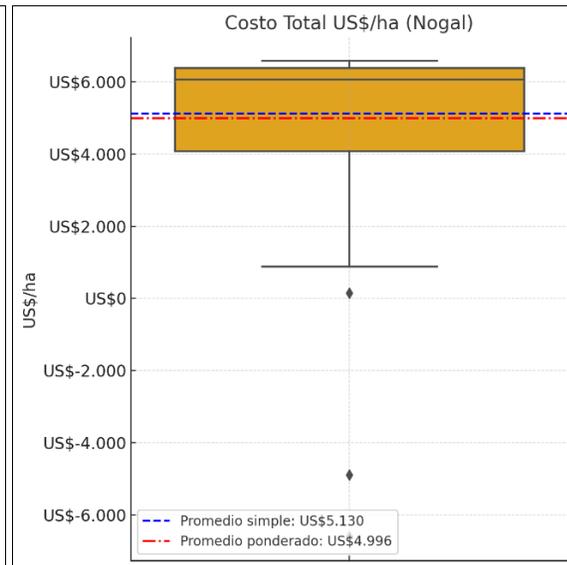
En los siguientes gráficos se presenta el ingreso (Gráfico 47), costo (Gráfico 48) y margen productor (Gráfico 49) US\$/por hectárea en la región de Coquimbo para nogal.

Gráfico 47. Ingreso promedio nogal (US\$/ha).



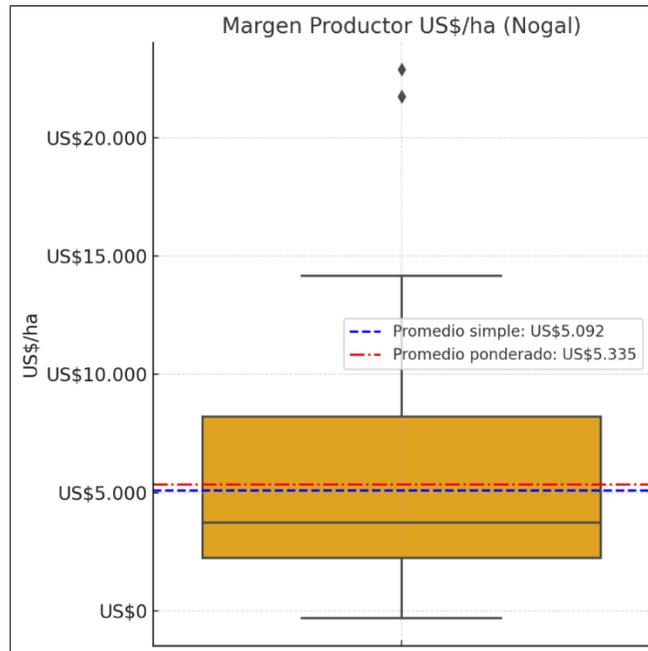
Fuente: Propia

Gráfico 48. Costo promedio nogal (US\$/ha)



Fuente: Propia

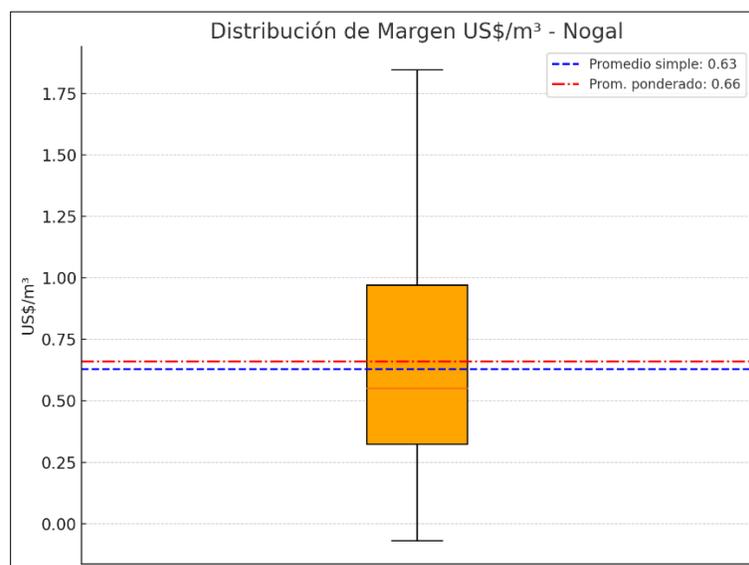
Gráfico 49. Margen promedio a productor nogal por ha en nogal (US\$/HA)



Fuente: Propia

Los márgenes promedios simples y ponderados por superficie obtenidos oscilan entre US\$ 0,63 y US\$ 0,66 por m³. Esto sugiere que los predios de mayor tamaño tienen mayores márgenes. Cabe mencionar que existe una gran diversidad en el tamaño de las parcelas, especialmente en las pequeñas. (Gráfico 50)

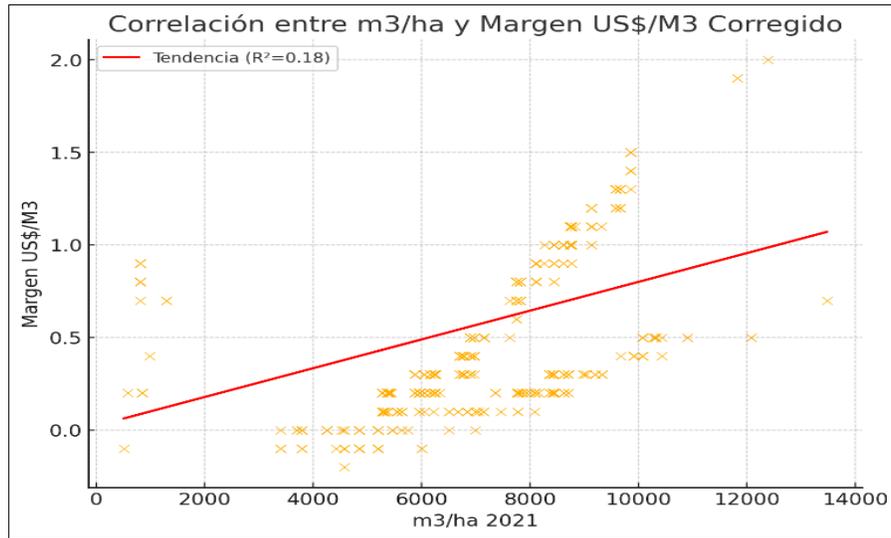
Gráfico 50. Margen económico promedio simple y ponderado del nogal (US\$/M3) en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

La correlación entre riego y m^3/ha es positiva pero no significativa. Es decir, más agua de riego no garantiza un mayor margen. (Gráfico 51).

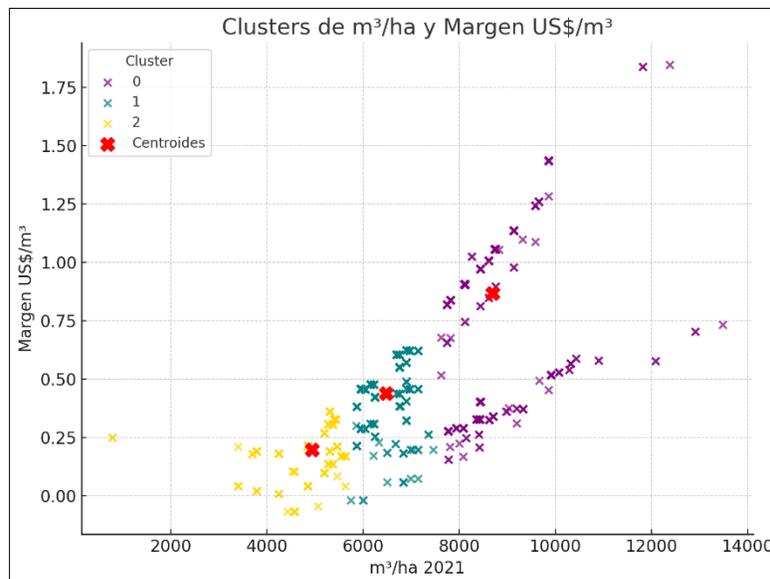
Gráfico 51. Relación existente entre el agua aplicada (m^3/ha) y el margen económico obtenido en palto ($US\$/m^3$).



Fuente: Propia

Para determinar si había grupos de cuarteles con diferentes respuestas a esta relación, se realizó un análisis estadístico (Clustering), identificándose tres grupos (Gráfico 52).

Gráfico 52. Cluster identificados de acuerdo al margen económico obtenido ($US\$/M^3$) y el agua aplicada (M^3/ha) en nogal en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

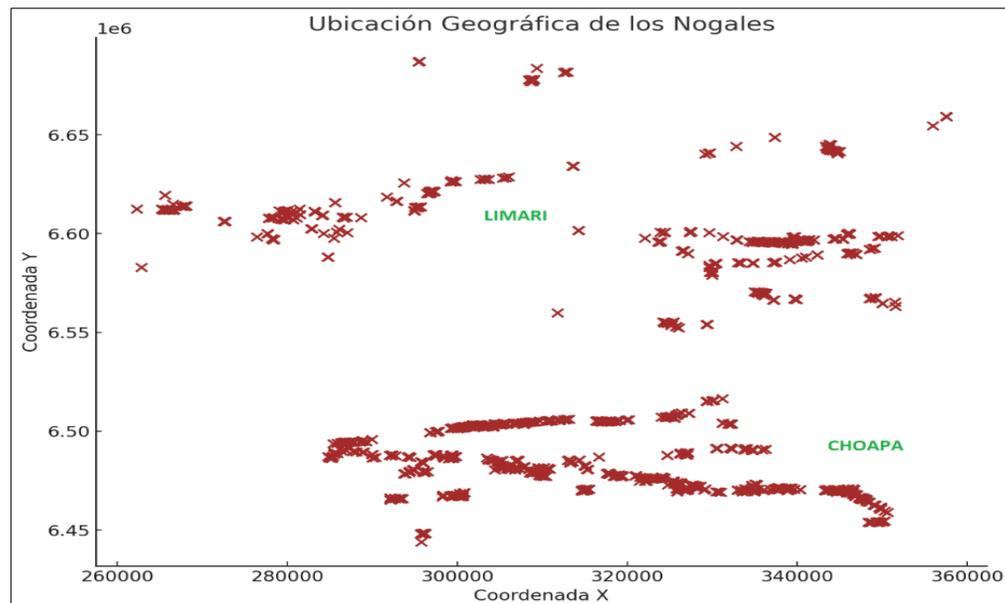
Los tres clusters con diferentes consumos de agua.

- **Cluster 0 (morado):** Consumo promedio más alto de 8.692 m³/ha, con un rango entre 7.622 y 13.479 m³/ha. Presenta el margen US\$/m³ más alto, con un promedio de 0,87 y valores entre 0,16 y 1,85.
- **Cluster 1 (verde azulado):** Consumo promedio de 6.480 m³/ha, con valores entre 5.744 y 7.459 m³/ha. Margen US\$/m³ promedio de 0,44, con un rango de -0,02 a 0,62.
- **Cluster 2 (amarillo):** Menor consumo de agua con un promedio de 4.944 m³/ha, en un rango de 787 a 5.633 m³/ha. Margen US\$/m³ promedio de 0,20, con valores entre -0,07 y 0,36.

3.4.2.2 Análisis territorial

Los nogales se localizan predominantemente en los valles de Limarí y Choapa (Gráfico 53).

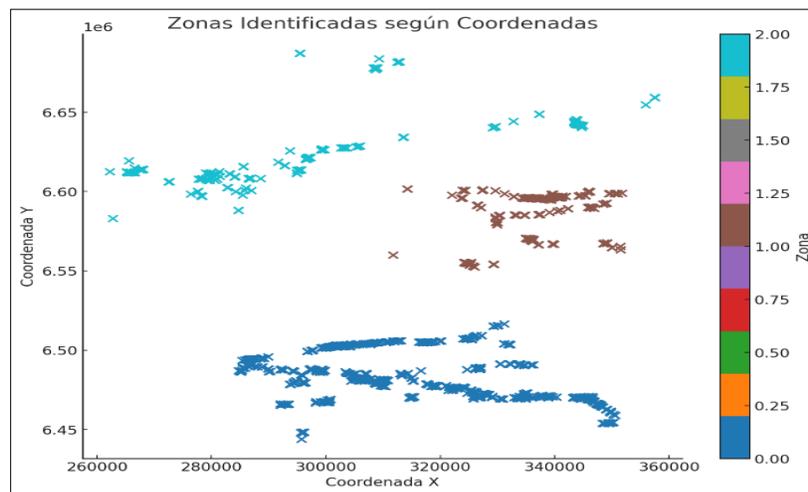
Gráfico 53. Ubicación geográfica de los nogales en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia.

Se identificaron tres zonas con distintas características de consumo de agua en los territorios de la región de Coquimbo. El Cluster 0 (Zona Azul) en Choapa (6.500 m³/ha) muestra un consumo medio, sugiriendo uso moderado. El Cluster 1 (Zona Café) en la parte alta de Limarí tiene el consumo más alto (7.000 m³/ha), indicando mayor demanda o riego intensivo. El Cluster 2 (Zona Celeste) en la parte baja de Limarí presenta el consumo más bajo, posiblemente debido a acceso limitado al agua (6.000 m³/ha), riego eficiente o menores necesidades de riego por temperaturas bajas. (Gráfico 54).

Gráfico 54 Cluster identificados asociados al consumo de agua en nogal en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

3.4.2.3 Resumen

Los rendimientos promedios simples y ponderados fueron de 3.800 kg/ha en ambos casos, frente a los 2.200 kg/ha indicados por el Catastro Frutícola. El agua aplicada promedió en valores cercanos a los 7.350 m³/ha, con rangos de 3.500 a 12.000 m³/ha, mostrando que los cuarteles más grandes usan más agua. Los márgenes promedios simples y ponderados están en torno a los US\$ 0,65 por m³, siendo mayores en predios grandes. No se encontró una correlación clara entre más agua y mayor margen.

Se identificaron tres grupos:

- **Cluster 0 (morado):** Consumo promedio más alto de 8.692 m³/ha, con un rango entre 7.622 y 13.479 m³/ha. Presenta el margen US\$/m³ más alto, con un promedio de 0,87 y valores entre 0,16 y 1,85.
- **Cluster 1 (verde azulado):** Consumo promedio de 6.480 m³/ha, con valores entre 5.744 y 7.459 m³/ha. Margen US\$/m³ promedio de 0,44, con un rango de -0,02 a 0,62.
- **Cluster 2 (amarillo):** Menor consumo de agua con un promedio de 4.944 m³/ha, en un rango de 787 a 5.633 m³/ha. Margen US\$/m³ promedio de 0,20, con valores entre -0,07 y 0,36.

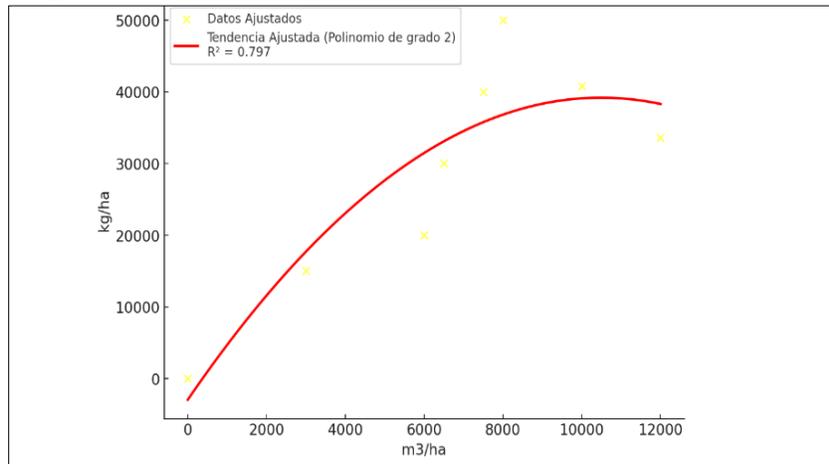
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios máximos presentaron un 32,6% en nuez con cáscara y un 46,3% sin cascara más que la temporada base y respecto a los precios mínimos de -6,9% con cáscara y -19,5% sin cáscara. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 1,0 m³ y US\$ 0,5 m³ en el período analizado.

3.5 Limonero

3.5.1 Metodología

Según los antecedentes bibliográficos sobre los rendimientos y los m³/ha de agua utilizados en el cultivo del limonero, se construyó el gráfico 55, que muestra una relación significativa entre ambas variables y una correlación del 80%.

Gráfico 55. Relación entre los volúmenes de agua aplicada (M³/ha) y el rendimiento en limonero en la región de Coquimbo (kg/ha).



Fuente: Propia.

En cuanto a los supuestos, se estimó un porcentaje promedio de producción destinada a exportación del 62% (Según ODEPA y ASOEX (2022–2023), cerca del 60–65% del volumen nacional de limones frescos se exporta anualmente. El precio promedio FOB para la exportación de limón se determinó en 0,75 US\$/kg. En el mercado nacional, el precio promedio fue de 0.30 US\$/kg, y el costo promedio de producción fue de 0.13 US\$/kg.

3.5.2 Resultados.

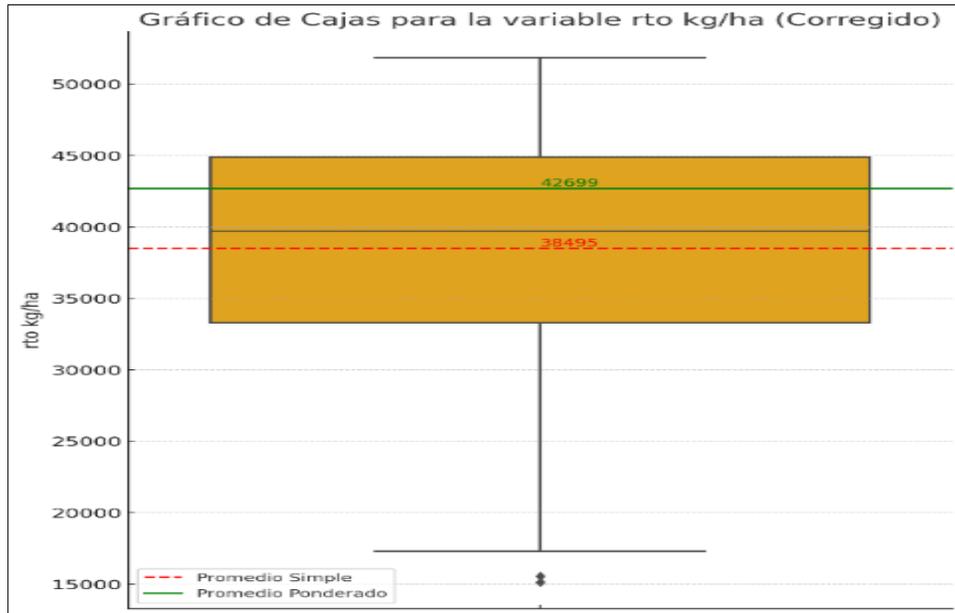
3.5.2.1 Análisis rendimiento, m³ y margen.

La mayoría de los datos sobre rendimiento se concentran en un rango medio-alto, con un promedio simple de 38.500 kg/ha y un promedio ponderado de la superficie es de 42.500 kg/ha. Esto sugiere que las zonas con mayor superficie cultivada de limonero presentan, en promedio, mejores niveles de productividad, lo cual puede deberse a un mayor grado de tecnificación, uso eficiente del riego, prácticas agronómicas más avanzadas o mejor manejo empresarial. En otras palabras, no solo concentran más hectáreas, sino también un rendimiento superior por unidad de superficie.

Por otro lado, se observan algunos valores atípicos hacia los extremos, indicando variabilidad en los rendimientos entre diferentes plantaciones. El catastro frutícola reporta un promedio de 34 toneladas ha, lo cual es consistente con el promedio simple del rendimiento, aunque ligeramente superior al rendimiento del Catastro, es necesario establecer que el Catastro

Frutícola 2024 indicó un rendimiento muy superior de 56 ton/ha, sin embargo fueron utilizados los datos indicados por esta fuente el 2021 con el fin de seguir la metodología diseñada. (Gráfico 56).

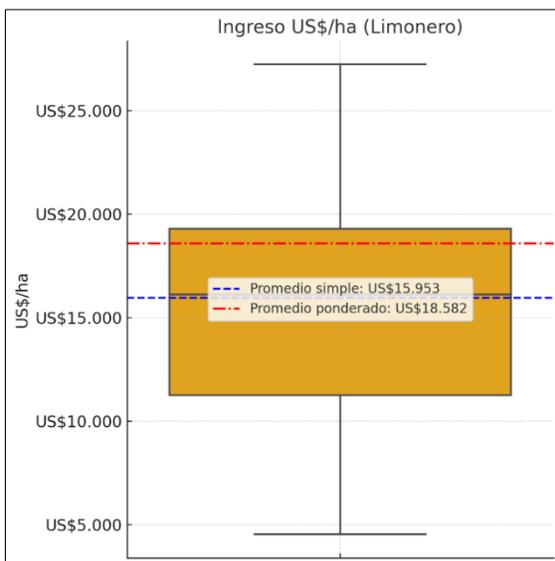
Gráfico 56. Promedio simple y ponderado del rendimiento del limonero en la región de Coquimbo (kg/ha)



Fuente: Propia

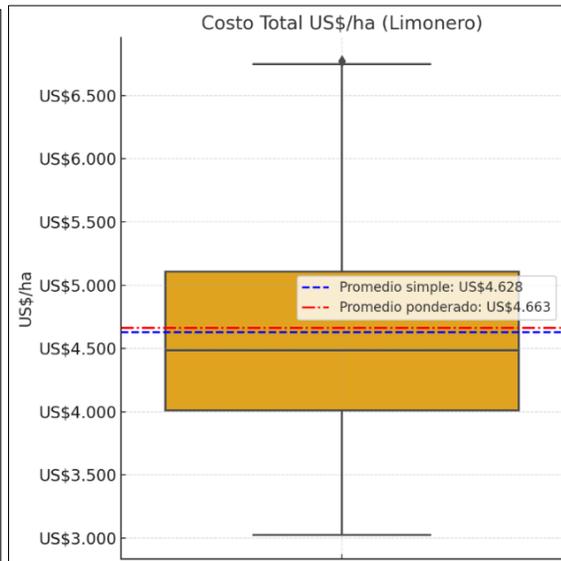
A continuación, se presenta el ingreso (Gráfico 57), costo (Gráfico 58) y margen a productor (Gráfico 59) por hectárea (US\$/ha) para limonero en la región de Coquimbo.

Gráfico 57. Ingreso promedio limonero (US\$/ha).



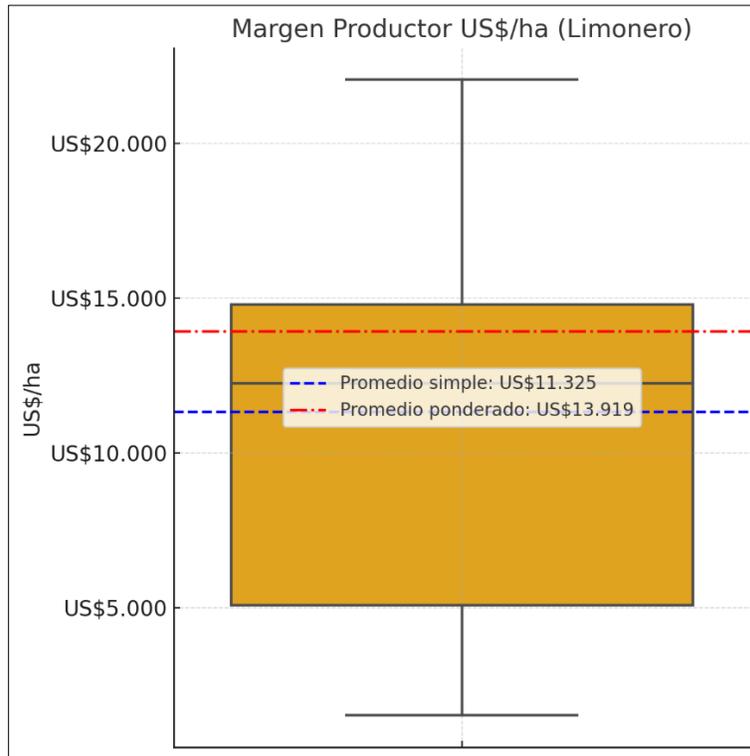
Fuente: Propia

Gráfico 58. Costo promedio limonero (US\$/ha)



Fuente: Propia

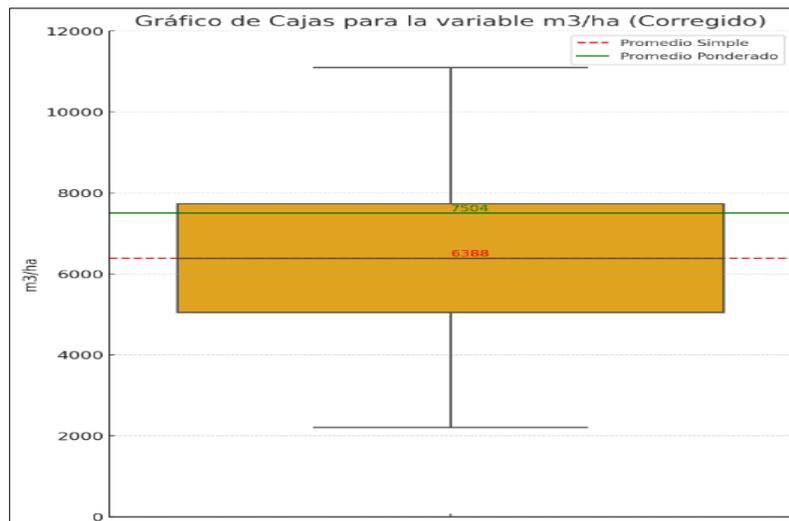
Gráfico 59. Margen productor (US\$/ha)



Fuente: Propia

En relación al consumo de agua varía significativamente. El promedio ponderado de 7.500 m³/ha supera al simple de 6.400 m³/ha, sugiriendo que las grandes plantaciones usan más agua por hectárea. (Gráfico 60).

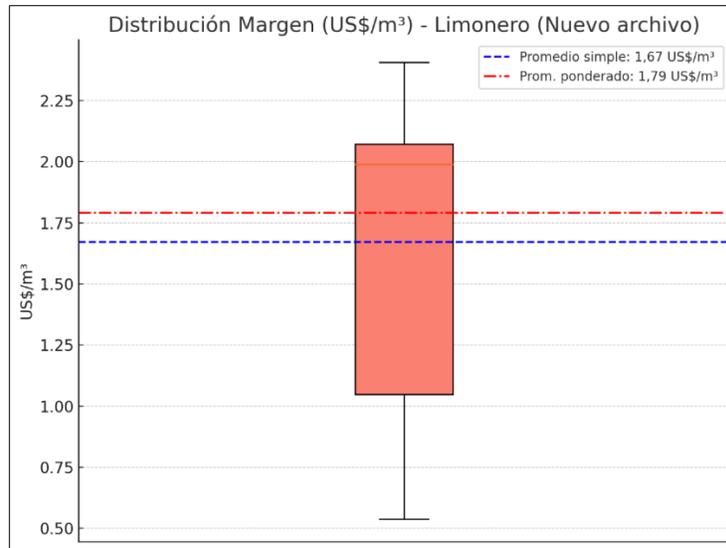
Gráfico 60 Promedio simple y ponderado del agua utilizada por el limonero en la región de Coquimbo (m³/ha).



Fuente: Propia

El margen económico por metro cúbico de agua es más concentrado, aunque variable. El promedio ponderado (US\$ 1,79) supera al simple (US\$ 1,67), lo que sugiere que las plantaciones grandes son más eficientes económicamente en el uso del agua, indicando economías de escala o prácticas de manejo más eficientes. Los márgenes varían entre US\$ 0,5 y US\$ 2,3 por m³ (Gráfico 61).

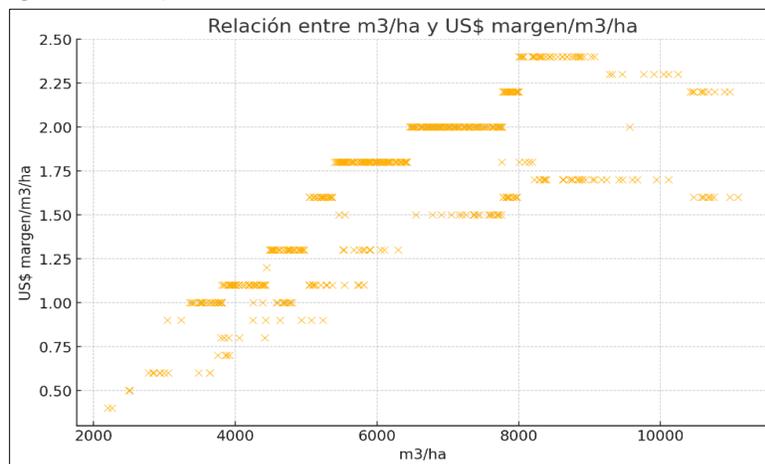
Gráfico 61. Promedio del margen económico simple y ponderado del limonero en la región de Coquimbo. (US\$/m³).



Fuente: Propia

Al correlacionar los m³ aplicados con los márgenes obtenidos por m³, se observa una dispersión de datos, pero persiste una correlación positiva entre m³/ha y los márgenes. Es decir, al aumentar los volúmenes en el limonero, también crece el margen económico (Gráfico 62).

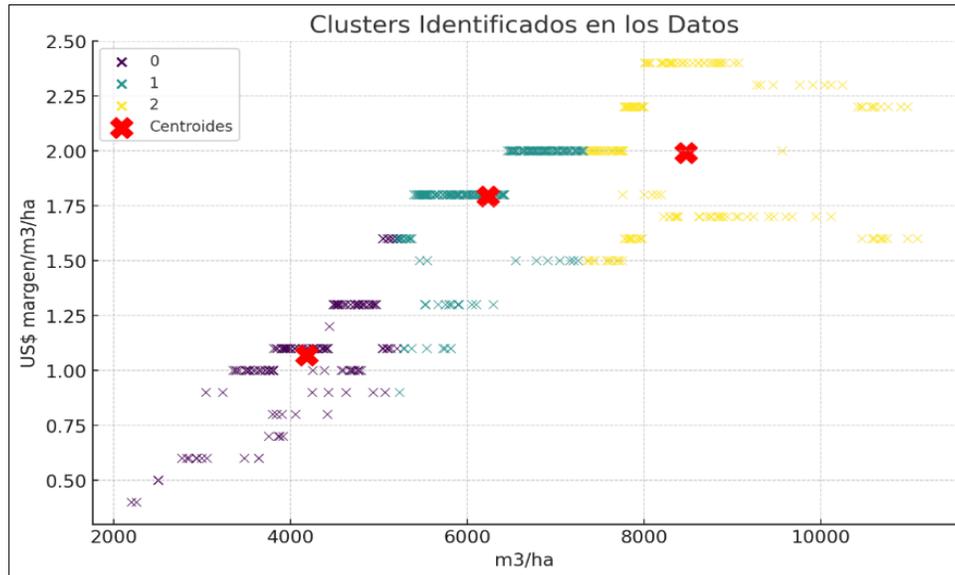
Gráfico 62. Relación entre el agua aplicada (m³/ha) y el margen económico (US\$/m³) del limonero en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Se realizó un análisis estadístico (Clustering) para identificar grupos distintos en la relación económica y el uso del agua. El análisis mostró tres grupos con diferencias estadísticas significativas (Gráfico 63).

Gráfico 63. Cluster identificados en limonero de acuerdo con el agua aplicada (m³/ha) y el margen económico (US\$/M³)



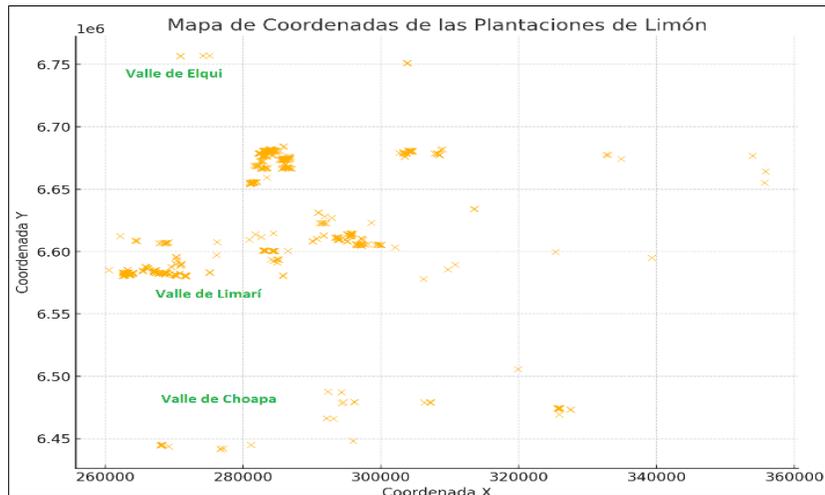
Fuente: Propia

El Cluster 0 (Color Morado) tiene un consumo de agua bajo, en el rango de aproximadamente 2000 a 5000 m³/ha, con un margen económico también bajo, entre 0.4 y 1.2 US\$/m³. **El Cluster 1** (Color Verde-Azul) presenta un consumo de agua intermedio, aproximadamente entre 5000 a 7000 m³/ha, y su margen económico es intermedio, entre 1.3 y 1.8 US\$/m³. Por último, el **Cluster 2** (Color Amarillo) muestra un consumo de agua alto, en el rango de 7000 a 11000 m³/ha, con un margen económico también alto, entre 1.8 y 2.5 US\$/m³.

3.5.2.2 Análisis territorial.

A partir de las coordenadas de cada cuartel se construyó el gráfico de coordenadas, en el cual se observa que esta especie está presente en los tres valles, particularmente en la zona baja del Limarí. (Gráfico 64)

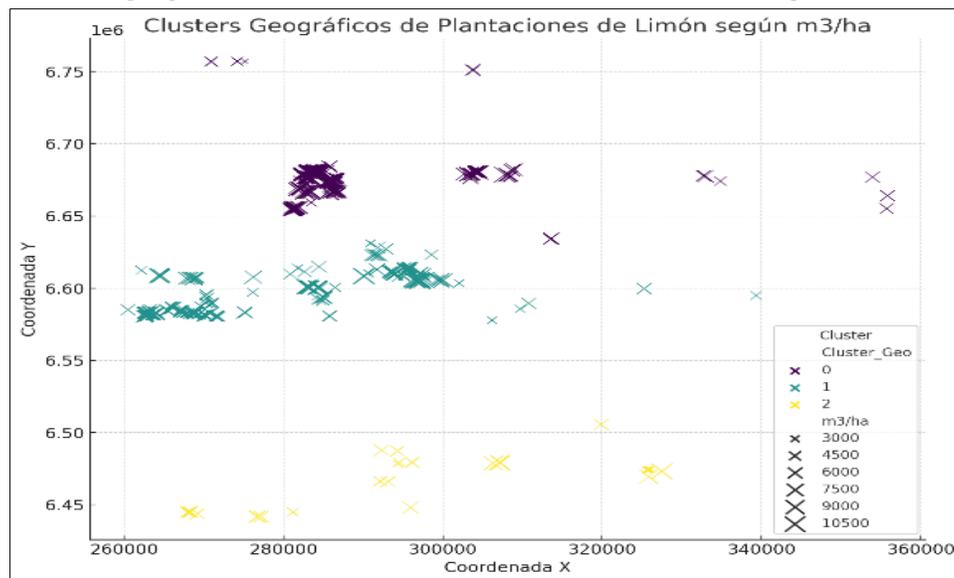
Gráfico 64. Ubicación geográfica del limonero en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Para determinar diferencias territoriales en el consumo de m^3 de limón, se realizó un análisis estadístico que identificó tres zonas o clusters (Gráfico 65).

Gráfico 65. Cluster geográficos identificados de acuerdo con el consumo de agua del limonero ($M3/ha$)



Fuente: Propia

Cluster 0 (Color morado): Consumo promedio de $7,132 m^3/ha$ con un rango de $2,259$ a $10,983 m^3/ha$. Se encuentra en la zona norte y tiene un consumo de agua moderado a alto. **Cluster 1 (Color azul):** Consumo promedio de $5,931 m^3/ha$ con valores entre $2,774$ y $11,095 m^3/ha$. Esta región está en la parte baja de la provincia de Limarí y tiene temperaturas más bajas. **Cluster 2 (Color amarillo):** Ubicado en la provincia de Choapa, presenta un consumo promedio de $5,596$

m³/ha con un rango de 2,202 a 10,906 m³/ha. Es el más disperso en consumo de agua y el menos representado en cantidad.

3.5.2.3 Resumen

El rendimiento promedio en la producción de limones presenta variaciones, con un promedio simple de 38.500 kg/ha y un promedio ponderado de 42.700 kg/ha. El catastro frutícola indica un promedio de 34 toneladas/ha. El consumo de agua muestra dispersión, con un promedio ponderado de 7.500 m³/ha y un promedio simple de 6.400 m³/ha. En cuanto al margen económico, el promedio ponderado es de US\$ 1,85/m³ y el promedio simple es de US\$ 1,67/m³, con rangos que oscilan entre US\$ 0,3 y US\$ 2,3/m³.

El análisis de clustering identificó tres grupos distintos:

- Cluster 0: consumo de agua bajo (2.000-5.000 m³/ha) y margen económico bajo (US\$ 0,4-1,2/m³).
- Cluster 1: consumo de agua intermedio (5.000-7.000 m³/ha) y margen económico intermedio (US\$ 1,3-1,8/m³).
- Cluster 2: consumo de agua alto (7.000-11.000 m³/ha) y margen económico alto (US\$ 1,8-2,5/m³).

El análisis territorial también reveló diferencias significativas.

Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios máximos presentaron un 65,2% más que la temporada base y respecto a los precios mínimos un -16,3%. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 2,8 m³ y US\$ 1,4 m³ en el período analizado.

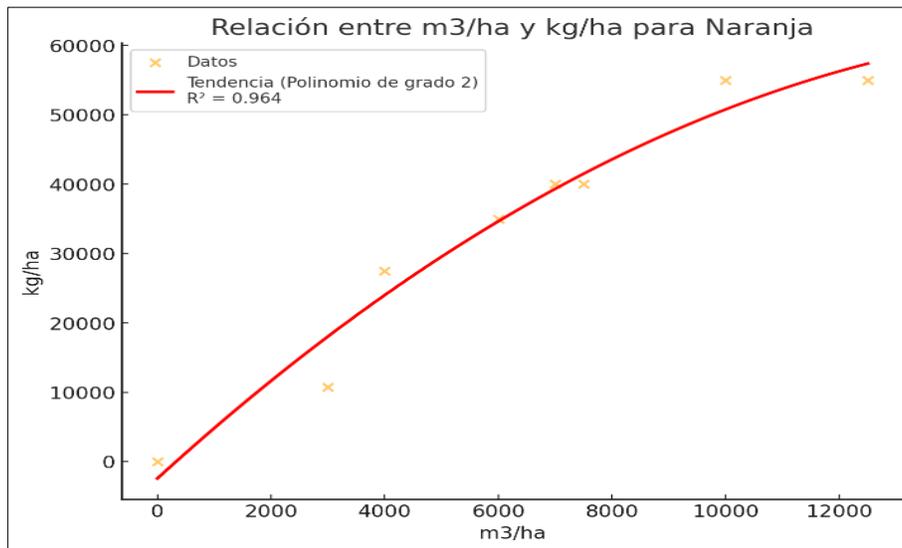
3.6 Naranja

3.6.1 Metodología

La primera actividad fue definir la curva de productividad, encontrando una función de segundo grado entre m³/ha de agua aplicada y productividad, similar a otros cítricos, con una relación altamente positiva. La curva se utilizó para calcular rendimientos a partir de los m³/ha obtenidos de las imágenes satelitales (Gráfico 66).

Para la determinación del margen, se utilizó el dato de que el 72% de la producción se destina a exportación en volumen (Catastro frutícola 2024 para la región de Coquimbo indica 68%). Se asumió un precio promedio por kilogramo de US\$ 0,74 para el mercado internacional y de US\$ 0,32 para el mercado nacional. El costo promedio se estableció en US\$ 0,26.

Gráfico 66. Relación entre el agua aplicada (m³/ha) y el rendimiento (kg/ha) en naranjo región de Coquimbo.



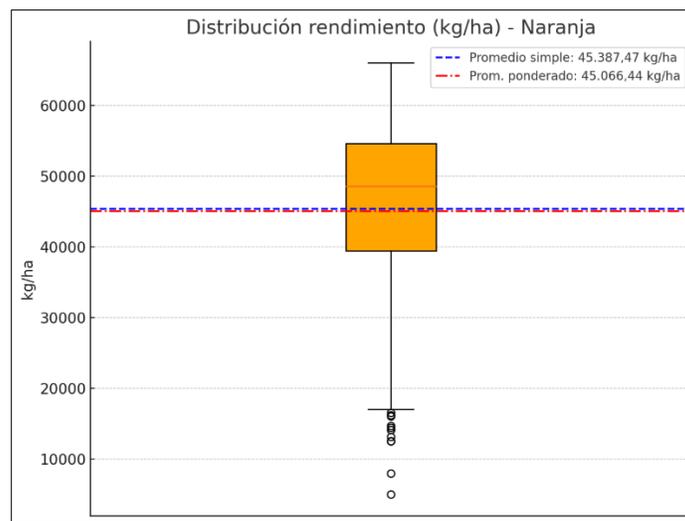
Fuente: Propia

3.6.2. Resultados.

3.6.2.1 Análisis producción, m³ y margen

Distribución del rendimiento: Los valores varían entre 20.000 y 65.000 kg/ha, con un promedio simple de 45.400 kg/ha y un promedio ponderado de 45.100 kg/ha. Las superficies mayores presentan rendimientos menores. En 2021, el catastro frutícola registró un rendimiento medio de 40.200 kg/ha, cifra algo inferior al promedio simple del estudio. (Gráfico 67).

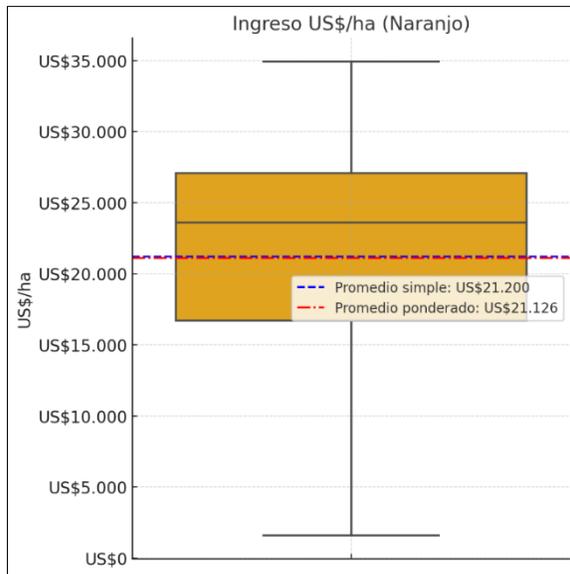
Gráfico 67. Promedio simple y ponderado del rendimiento del naranjo en la región de Coquimbo (Kg/ha).



Fuente: propia

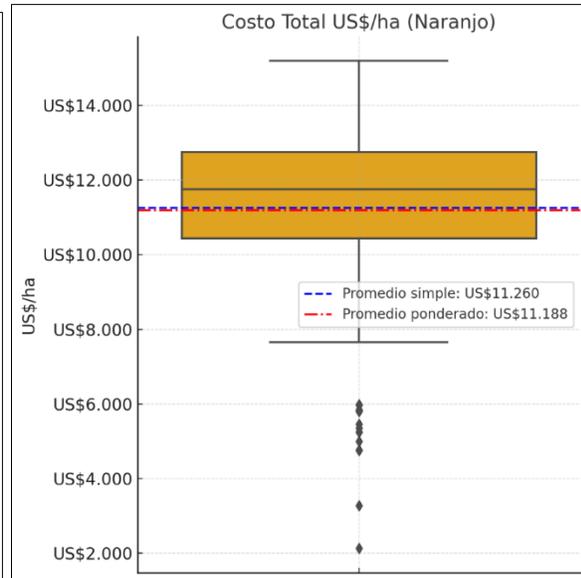
A continuación, se presenta el ingreso (Gráfico 68), costos (Gráfico 69) y margen a productor por hectárea en naranja (Gráfico 70) para la región de Coquimbo.

Gráfico 68. Ingreso promedio naranja (US\$/ha).



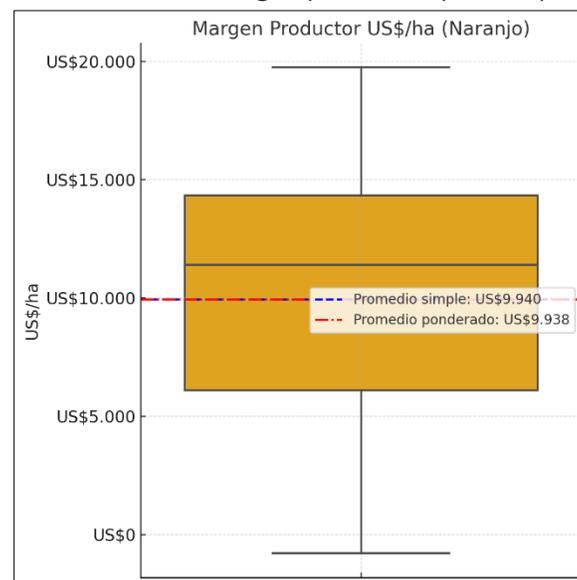
Fuente: Propia.

Gráfico 69. Costo promedio naranja (US\$/ha)



Fuente: Propia.

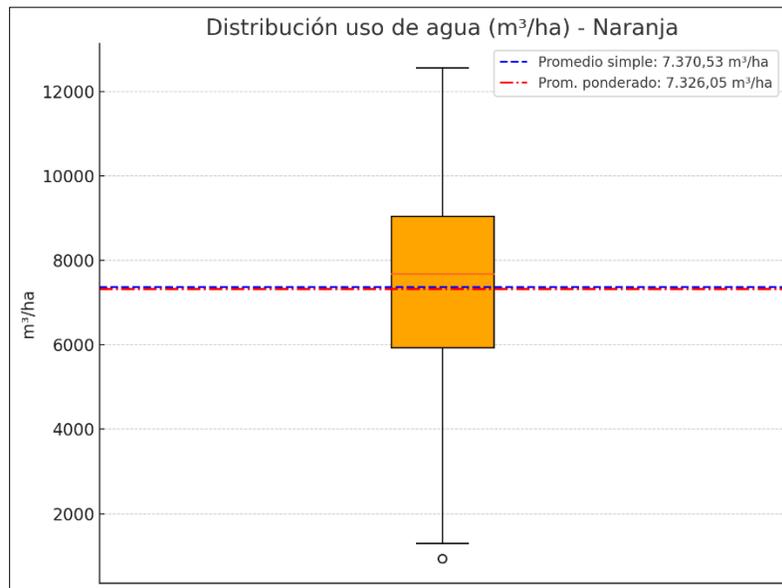
Gráfico 70. Margen productor (US\$/ha)



Fuente: Propia

Con relación al consumo de Agua (m^3/ha): El gráfico muestra que la mayoría de los valores están en un rango moderado, con algunos valores extremos. Tanto el promedio simple como el promedio ponderado por superficie fueron cercanos a los $7.400 m^3/ha$ (Gráfico 71).

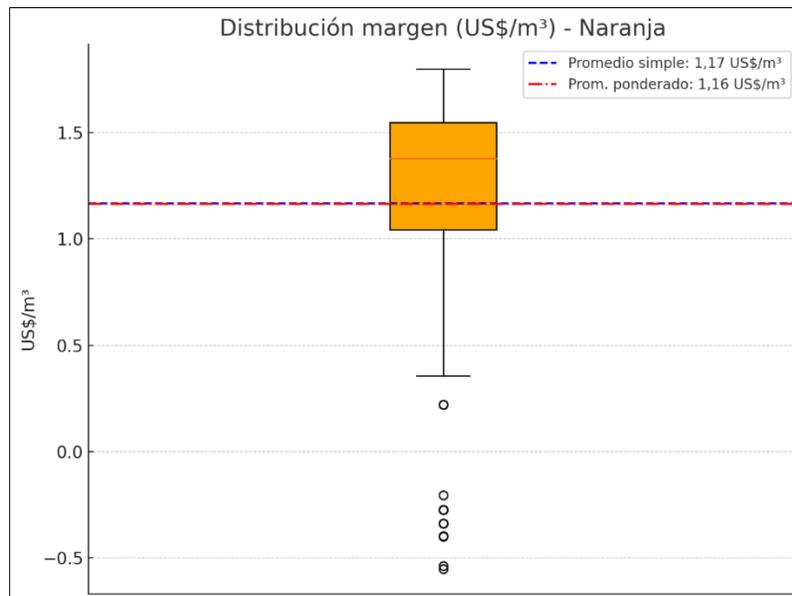
Gráfico 71. Promedio simple y ponderado del consumo de agua del naranjo región Coquimbo (M3/ha).



Fuente: Propia

Los márgenes de la naranja oscilaron entre US\$ 0,4 y US\$ 1,8 por m3, con un promedio simple y ponderado en torno a los US\$ 1,17 por m3. (Gráfico 72).

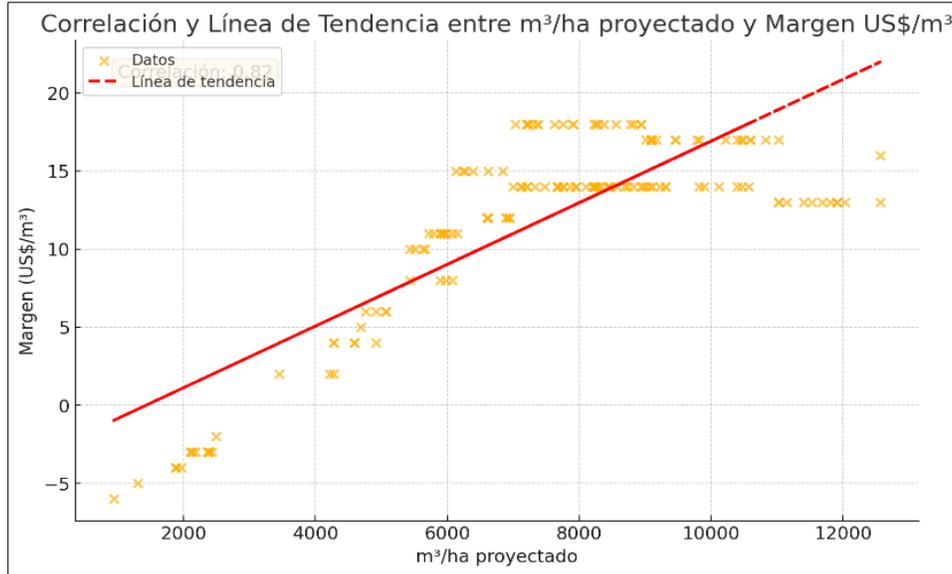
Gráfico 72. Promedio simple y ponderado del margen económico del agua en naranjo región de Coquimbo (US\$/M3).



Fuente: Propia

Se estableció una correlación entre el comportamiento de la aplicación de agua y los márgenes, resultando ser altamente positiva ($R^2 0,82$). (Gráfico 73).

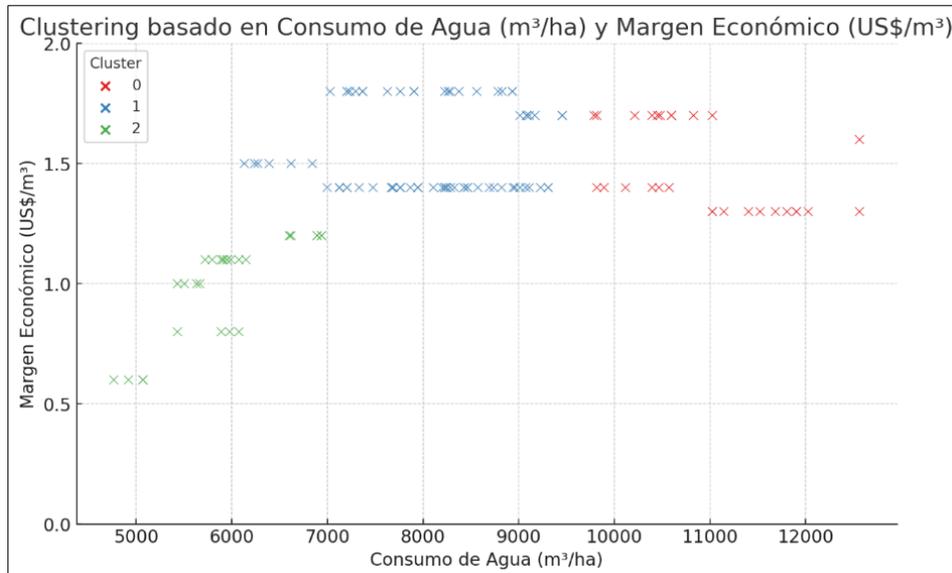
Gráfico 73. Relación entre el consumo de agua (m^3/ha) y el margen económico (US\$/M3) del naranjo en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Para entender mejor la baja correlación entre el consumo de agua y su margen por m^3 , se realizó un análisis estadístico (Clustering). Este estudio identificó tres tipos de grupos (Cluster). Ver Gráfico 74.

Gráfico 74. Cluster identificados entre el consumo de agua (m^3/ha) y el margen económico (US\$/M3) en limonero, región de Coquimbo.



Fuente: Propia

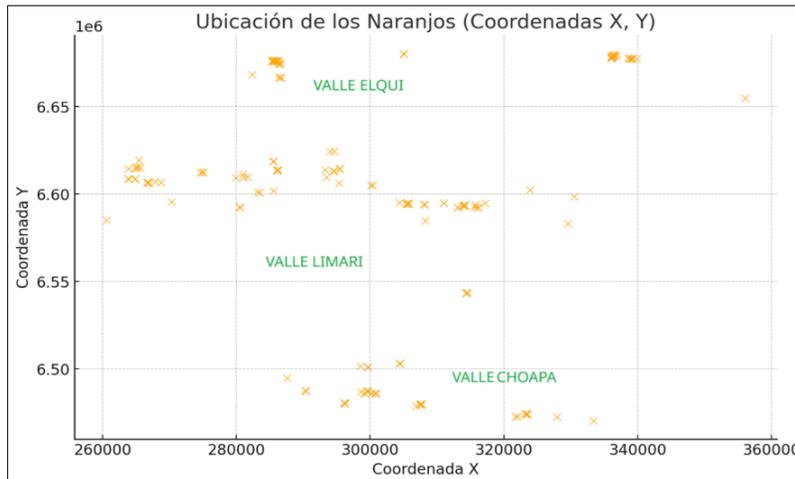
Este análisis identificó tres clusters:

- Cluster 0 (Rojo) con altos consumos de agua y márgenes económicos altos.
- Cluster 1 (Azul) con consumo de agua moderado y márgenes económicos altos.
- Cluster 2 (Naranja) con bajos consumos de agua y márgenes económicos reducidos.

3.6.2.2 Análisis territorial.

Los naranjos están presentes en los tres valles de la región, especialmente en las áreas bajas de estas zonas (Gráfico 75).

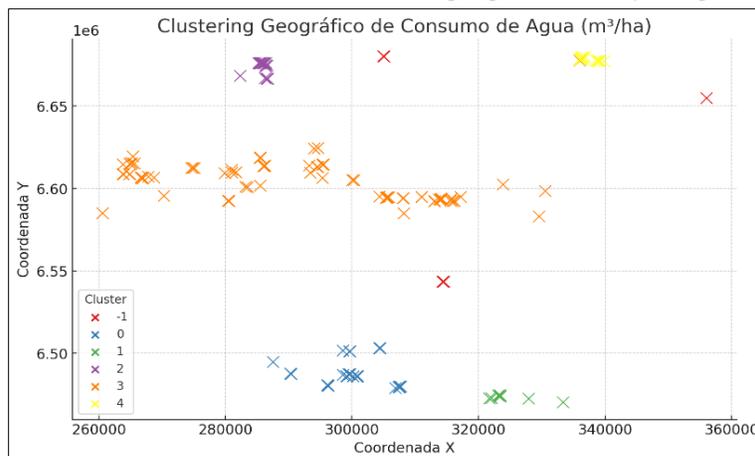
Gráfico 75. Ubicación geográfica de los limoneros en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Para determinar diferencias significativas entre territorios mediante un análisis estadístico, se identificaron seis zonas distintas, asociadas a las diferentes áreas climáticas donde se cultiva el naranjo en los tres valles de la región (Gráfico 76).

Gráfico 76. Cluster identificados de acuerdo con la zona geográfica naranjas región de Coquimbo.

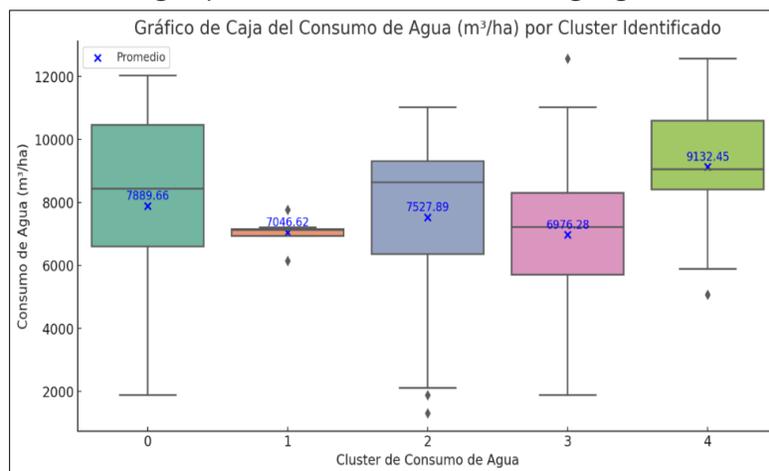


Fuente: Propia

El análisis ha identificado varios clusters en los cuales las plantaciones de naranjo presentan consumos de agua similares. Esto sugiere la existencia de condiciones homogéneas o prácticas de riego similares dentro de estas zonas. Algunos puntos fueron clasificados en el cluster -1, indicando que no pertenecen a ningún grupo definido y fueron considerados como ruido en el análisis. La presencia de estos puntos indica una heterogeneidad significativa en ciertas áreas del cultivo. El análisis espacial confirma que la ubicación geográfica influye en las prácticas de riego, por lo que es esencial considerar factores locales al diseñar estrategias de optimización.

En el gráfico 77 se presenta un resumen de los márgenes obtenidos por zona (Cluster), donde los clusters 0, 1 y 2 muestran consumos alrededor de los 7.500 m³/ha. Existe otro grupo con promedios inferiores, aproximadamente 7.000 m³/ha, y otros superiores con consumos asociados a los 9.000 m³/ha.

Gráfico 77. Consumo de agua promedio de acuerdo a zona geográfica identificado (m³/ha).



Fuente: Propia

3.6.2.3 Resumen

El análisis de los márgenes de la naranja reveló fluctuaciones entre US\$ 0,4 y US\$ 1,8 por m³/ha, con un promedio simple y ponderado en torno a los US\$ 1,17. Se estableció una correlación positiva, aunque poco significativa, entre la aplicación de agua y los márgenes. El análisis estadístico (clustering) identificó tres grupos:

- Cluster 0: altos consumos de agua y altos márgenes económicos,
- Cluster 1: consumo de agua moderado y márgenes económicos elevados,
- Cluster 2: bajo consumo de agua y márgenes más reducidos.

El análisis territorial mostró que los naranjos se encuentran en las partes bajas de los tres valles de la región. Se identificaron seis clusters basados en la diversidad climática. Algunos puntos fueron clasificados como ruido, indicando heterogeneidad en ciertas áreas de cultivo, lo cual confirma la influencia de la ubicación geográfica en las prácticas de riego. Los márgenes por zona (cluster) oscilaron entre 7.000 y 9.000 m³/ha.

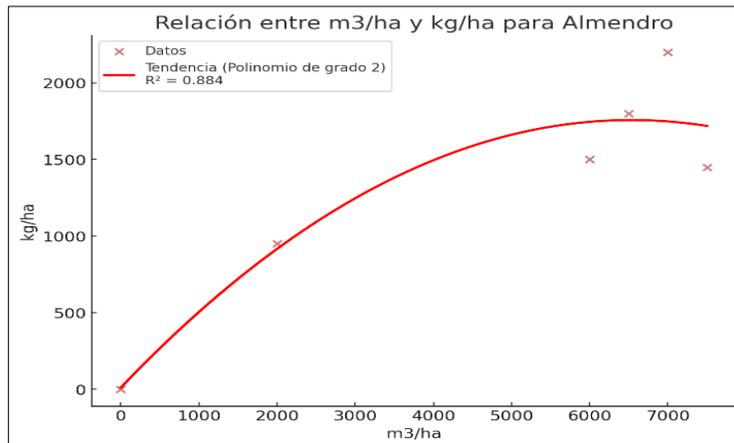
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios máximos coincidieron con la temporada 2020/21 por lo tanto este sería el máximo valor y respecto a los precios mínimos de estas temporadas fue un -32,8%. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varió en el período entre US\$ 0,44 m³ y US\$ 1,17 m³ en el período analizado.

3.7 Almendro

3.7.1 Metodología

La primera actividad fue definir la curva de productividad, encontrándose una función cuadrática entre los m³/ha de agua aplicada y la productividad, mostrando una relación positiva. Esta curva se proyectó para calcular los rendimientos a partir de los m³/ha obtenidos de las imágenes satelitales (Gráfico 78).

Gráfico 78. Relación entre el consumo de agua (m³/ha) y el rendimiento (kg/ha) almendro región de Coquimbo.



Fuente: Propia

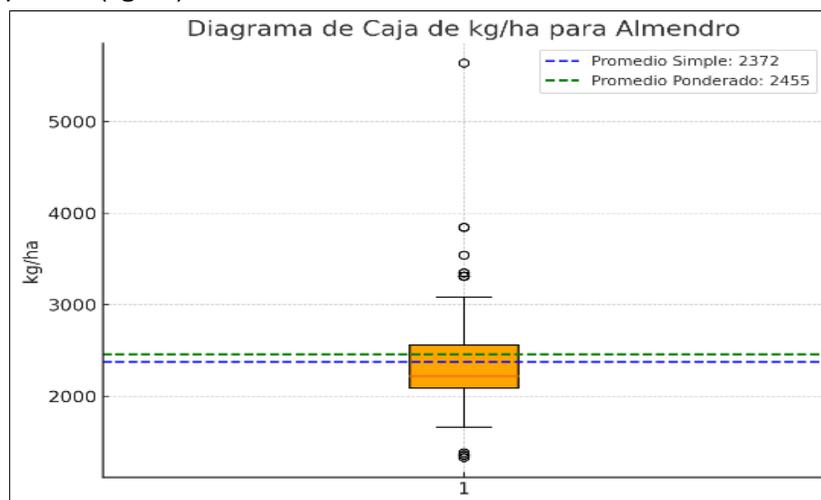
Para estimar el margen económico del m³ de agua, se consideró que el 68% se exportaba, un precio promedio FOB de US\$ 5,8/kg, un valor nacional de US\$ 1,9/kg y un costo promedio de US\$ 1,8 kg. Según un informe de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Chile produce entre 12.000 y 13.000 toneladas de almendras en pepa, de las cuales alrededor del 60% se exporta. Por otro lado, datos de iQonsulting indican que en la temporada 2023-2024 se exportaron 7.711 toneladas de almendras en base pepa, lo que representa aproximadamente el 64% de la producción nacional estimada en 12.000 toneladas.

3.7.2 Resultados

3.7.2.1 Análisis productividad, m3 y margen.

El rendimiento promedio simple de almendro fue de 2.372 kg/ha y el ponderado 2.455 kg/ha, esto sugiere que las áreas más extensas tienen rendimientos ligeramente superiores. Aunque hay valores atípicos, la mayoría de los datos se agrupan alrededor del promedio, mostrando una distribución homogénea. El rendimiento estimado supera al del Catastro Frutícola que indica un rendimiento regional de 1.500 kg/ha menor al estimado. (Gráfico 79)

Gráfico 79. Rendimiento promedio simple y ponderado del rendimiento del almendro en la región de Coquimbo (kg/ha).



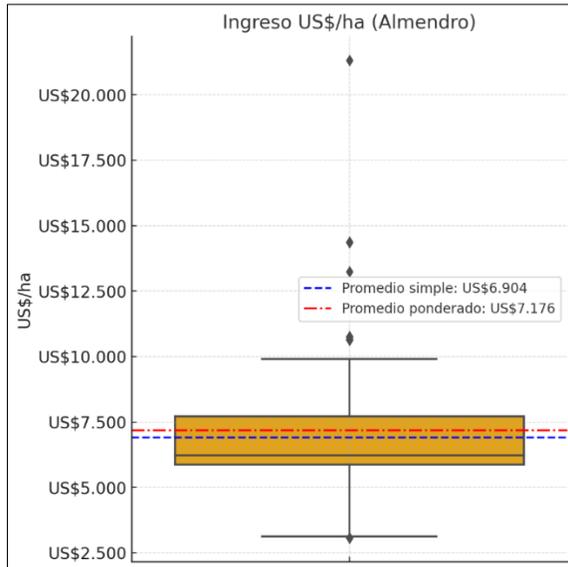
Fuente: Propia

Los resultados de este estudio son coincidentes con los obtenidos por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) en una investigación realizada en el Valle del Choapa entre 1995 y 2004. En dicha investigación se evaluaron las variedades de almendro Non Pareil, Carmel y Price en tres localidades, y se observó que los rendimientos alcanzaron su máximo entre el quinto y sexto año de plantación. La variedad Non Pareil fue la más productiva, con rendimientos máximos de aproximadamente 3.800 kg/ha en plena producción. La variedad Carmel obtuvo rendimientos similares, mientras que la variedad Price presentó rendimientos ligeramente inferiores, con máximos alrededor de 3.200 kg/ha.

Además, un estudio de validación de foliares Manni-Plex® (2021) realizado en la Región de Coquimbo reportó rendimientos promedio de 2.644 kg/ha para el tratamiento control y 2.697 kg/ha para el tratamiento con foliares, en las variedades Non Pareil y Fritz. Estos resultados indican que es posible alcanzar rendimientos promedios más altos a los presentados por Catastro Frutícola y por lo tanto fueron utilizados en este estudio.

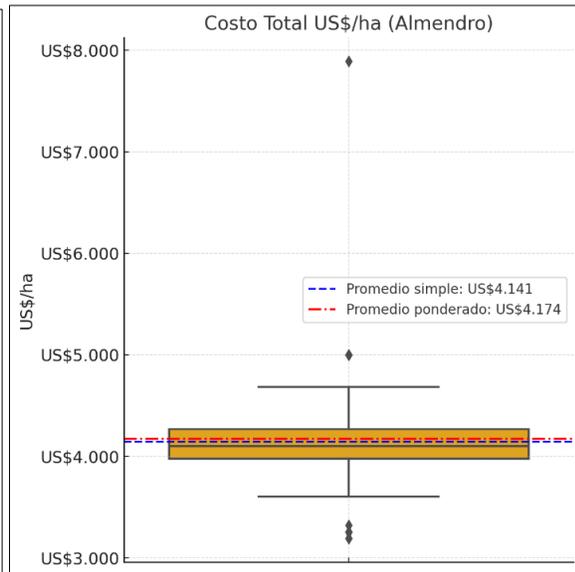
A continuación, se presentan los ingresos (Gráfico 80), costos (Gráfico 81) y margen productor por hectárea (Gráfico 82) del almendro en la región de Coquimbo.

Gráfico 80. Ingreso promedio almendro (US\$/ha).



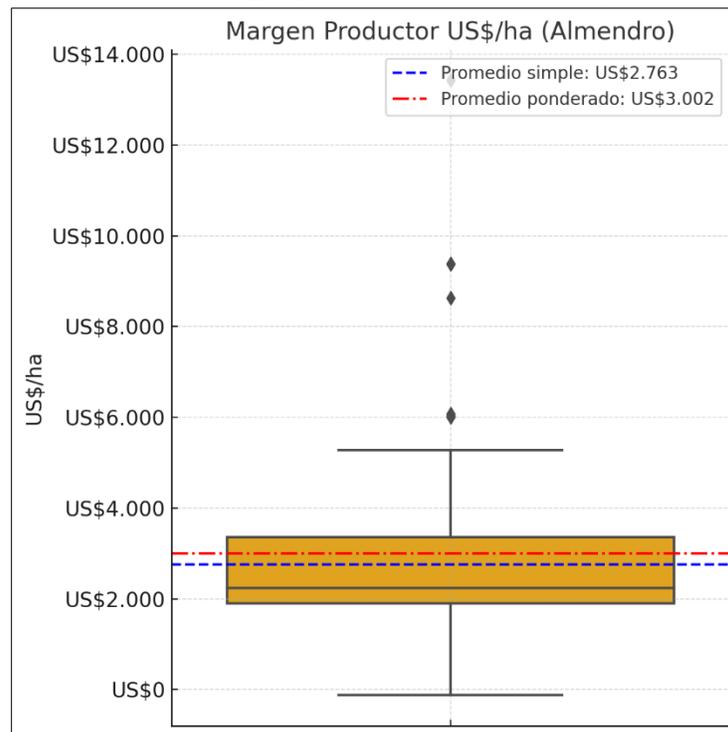
Fuente: Propia

Gráfico 81. Costo promedio almendro (US\$/ha)



Fuente: Propia

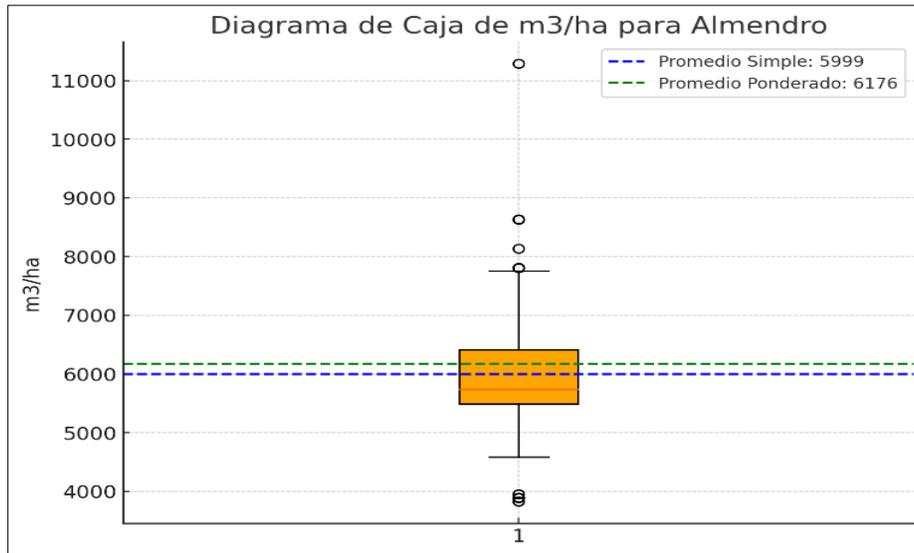
Gráfico 82. Margen productor del almendro (US/ha)



Fuente: Propia

En cuanto al consumo de agua, el promedio registrado fue de 6.000 m³/ha, mientras que el promedio ponderado fue ligeramente superior con 6,200 m³/ha. Esto sugiere que las superficies más grandes tienden a utilizar más agua, posiblemente debido a diferentes sistemas de riego o condiciones agronómicas. (Gráfico 83).

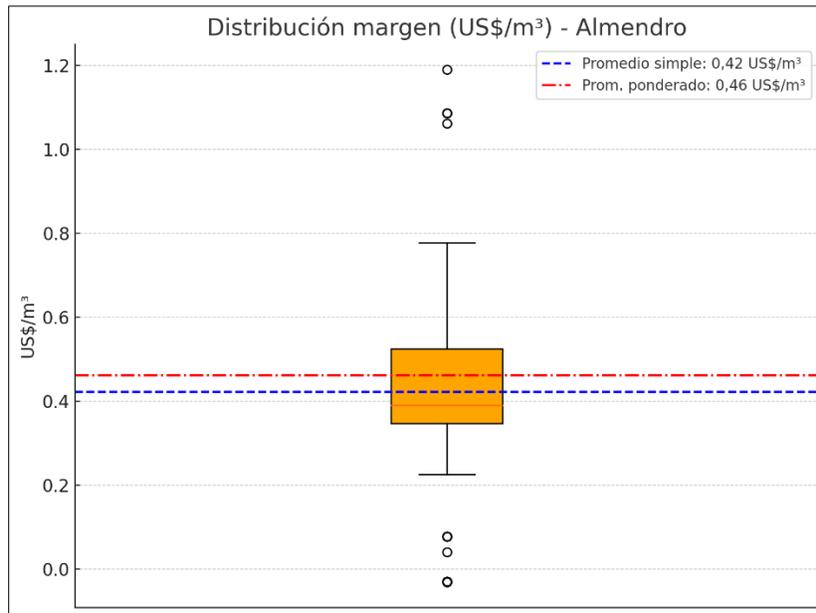
Gráfico 83. Promedio simple y ponderado del consumo del agua del almendro región de Coquimbo (m3/ha).



Fuente: Propia

El margen promedio simple fue de 0.42 US\$/m³ y el promedio ponderado de 0.46 US\$/m³, mostrando una diferencia mínima. Esto sugiere que la rentabilidad por metro cúbico de agua es similar en la mayoría de las plantaciones independiente de su tamaño (Gráfico 84).

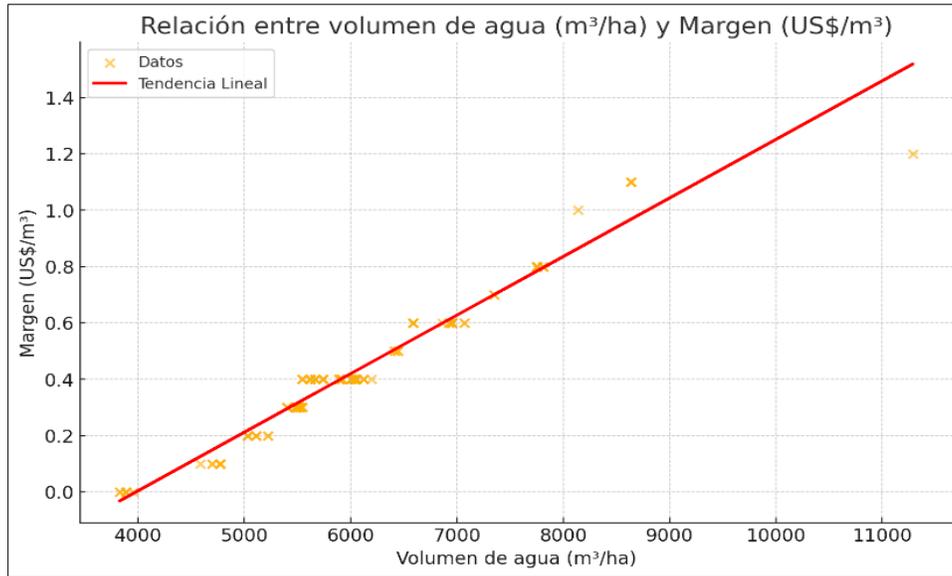
Gráfico 84. Promedio simple y ponderado del margen económico del agua en naranjo región de Coquimbo (US\$/M3).



Fuente: Propia

Respecto a la relación entre el consumo de agua y el margen económico se observa una relación directa (Gráfico 85)

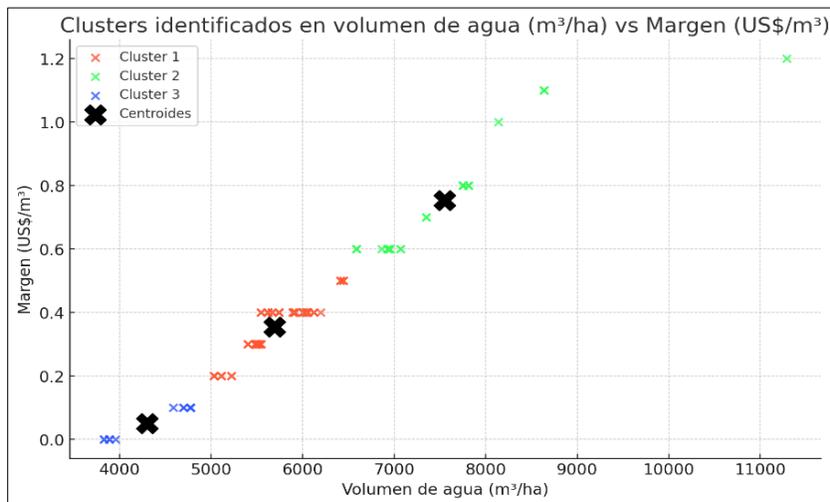
Gráfico 85. Relación entre el consumo de agua (m³/ha) y el margen económico obtenido (US\$/m³) e almendro.



Fuente: Propia

Se realizó un análisis estadístico (Clustering) que identificó tres grupos con distinta respuesta (Gráfico 86).

Gráfico 86. Cluster identificados de acuerdo con los volúmenes aplicados almendro región Coquimbo.



Fuente: Propia

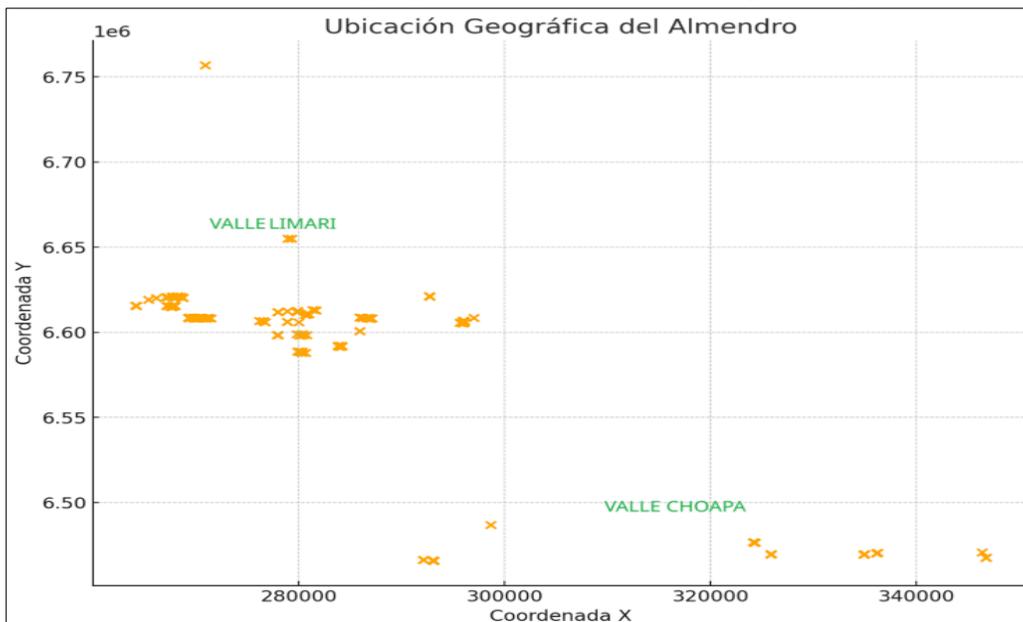
Análisis de Clusters:

- **Cluster 1 (rojo):** Margen promedio de 0,35 US\$/m³, con una mediana de 0,40 US\$/m³. Rango entre 0,20 y 0,50 US\$/m³.
- **Cluster 2 (verde):** Margen promedio de 0,75 US\$/m³, más alto, con un rango de 0,60 a 1,13 US\$/m³.
- **Cluster 3 (celeste):** Margen promedio muy bajo de 0,05 US\$/m³.

3.7.2.2 Análisis territorial.

Como se observa en el gráfico asociado a la ubicación de las plantaciones estas se concentran en la parte baja del Valle de Limarí seguido con menor presencia en el valle de Choapa y una muy pequeña presencia en la provincia de Elqui que se encuentra en la parte superior del gráfico (Gráfico 87).

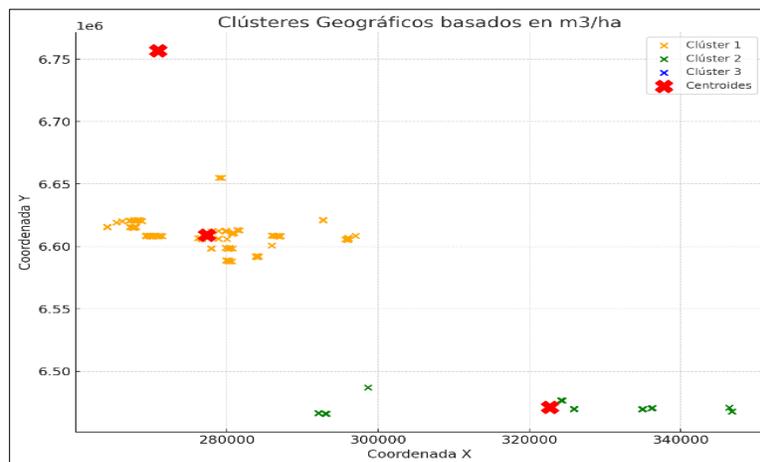
Gráfico 87 Ubicación geográfica de los almendros región Coquimbo.



Fuente: Propia

Se estableció que existen diferencias territoriales estadísticas en la aplicación de agua, claramente diferenciadas por cada valle de la región, indicando diversas condiciones agroclimáticas. (Gráfico 88).

Gráfico 88 Cluster identificados en relación con el consumo del almendro en la región de Coquimbo (m3/ha).



Fuente: Propia

El cluster 1 (Color naranja) muestra los mayores márgenes (US\$/m³) esta se encuentra asociada a la parte baja del Limarí, en cambio el cluster 2 (Color verde) presenta la menor rentabilidad y el cluster 3 (Color azul) un valor casi similar al cluster 2;

3.7.2.3 Resumen

El consumo de agua para el cultivo de almendro promedió estuvo en torno a los 6.000 m³/ha. Los márgenes económicos fueron similares, con un promedio simple de 0,42 US\$/m³ y ponderado de 0,46 US\$/m³. La correlación entre el consumo de agua y los márgenes fue positiva pero baja. El análisis de Clustering identificó tres grupos principales:

- Cluster 1: Margen promedio de 0,35 US\$/m³, mediana de 0,40 US\$/m³, rango 0,20-0,50 US\$/m³.
- Cluster 2: Margen promedio de 0,75 US\$/m³, rango 0,60-1,13 US\$/m³.
- Cluster 3: Margen promedio bajo de 0,05 US\$/m³.

Territorialmente, las plantaciones de almendro se concentran en la parte baja del Valle de Limarí, con menor presencia en Choapa y Elqui. Hay diferencias territoriales en la aplicación de agua, reflejando las condiciones agroclimáticas de cada valle.

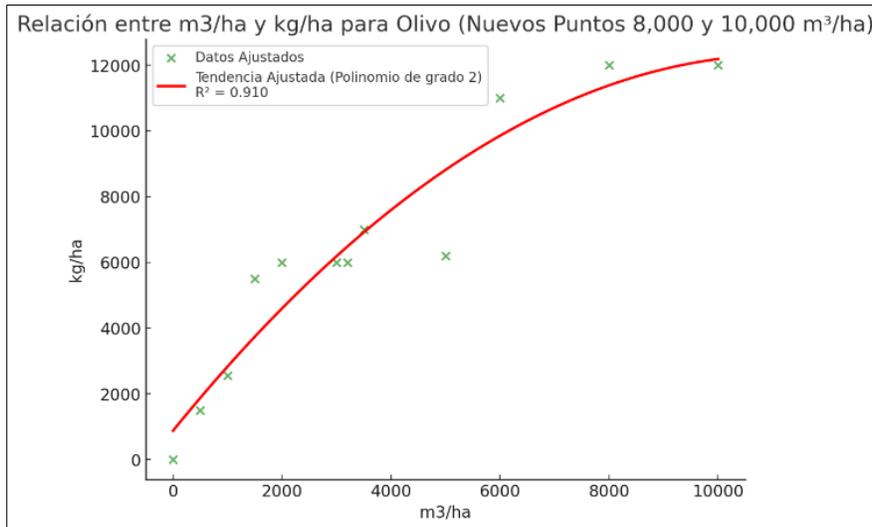
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios mínimos coincidieron con la temporada 2020/21 por lo tanto este sería el mínimo valor y respecto a los precios máximos de estas temporadas fue un 33,5% superiores al valor base. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 0,42 m³ y US\$ 0,72 m³ en el período analizado.

3.8 Olivo

3.8.1 Metodología.

Se definió la curva de productividad, encontrando una función cuadrática entre los m³/ha de agua aplicada y la productividad. Esta relación positiva (Gráfico 89) se proyectó para calcular rendimientos usando consumos obtenidos de imágenes satelitales.

Gráfico 89. Relación entre el consumo de agua (m³/ha) y la producción (kg/ha) de los olivos región de Coquimbo.



Fuente: Propia

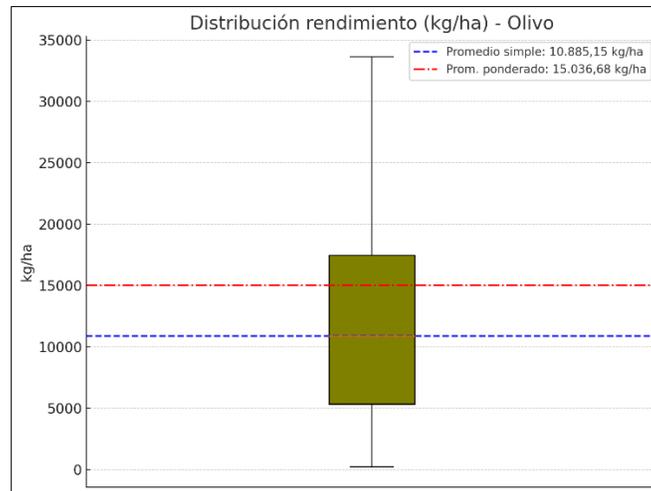
Se determinó que el 75% del volumen de aceite de olivas se exportaba, esto está en relación con datos de la Oficina Económica y Comercial de España en Santiago (ICEX), en 2018 Chile exportó aproximadamente 15.000 toneladas de aceite de oliva, lo que representó alrededor del 68% de su producción nacional de 22.000 toneladas, además, el informe anual del mercado nacional de aceite de oliva 2022 elaborado por ChileOliva señala que durante ese año se exportó un 14% más en volumen respecto al año anterior, por lo tanto se asumió para el cálculos un 75%. Este porcentaje indica que una proporción significativa del aceite de oliva producido en Chile se destina al mercado internacional, destacando la orientación exportadora de la industria olivícola chilena. Las conversiones de kg a litros de aceite se hicieron usando una relación de 1 litro de aceite por cada 7 kg de olivas. El precio FOB se estimó en US\$ 3,9 y el nacional en US\$ 2,8, con un costo promedio de US\$ 0,45. Para las aceitunas sevillanas, destinadas 100% a la producción de aceituna, el precio promedio en el mercado nacional fue de US\$ 1,1 al productor.

3.8.2 Resultados.

3.8.2.1 Producción, m3 y margen.

El rendimiento promedio del olivo se estimó en 11.000 kg/ha, similar tanto para el promedio simple y para el ponderado de 15.000 kg/ha. Este resultado fue un poco mayor que el del Catastro Frutícola, que indicó un rendimiento de 11,1 ton/ha. (Gráfico 90).

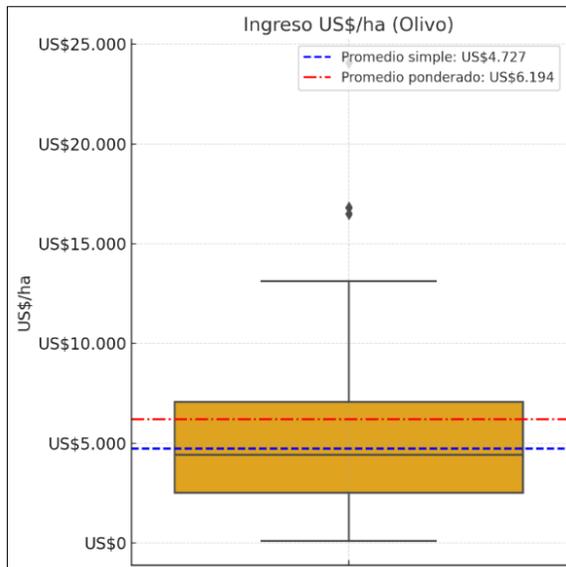
Gráfico 90. Rendimiento promedio simple y ponderado del olivo región de Coquimbo (kg/ha).



Fuente: Propia

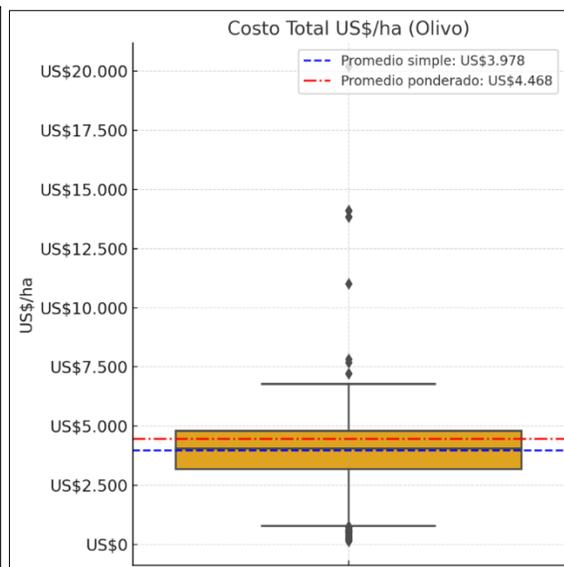
A continuación, se presenta los ingresos (Gráfico 91), costos (Gráfico 92), márgenes a productor (Gráfico 93) del olivo en la región de Coquimbo.

Gráfico 91. Ingreso promedio olivo (US\$/ha).



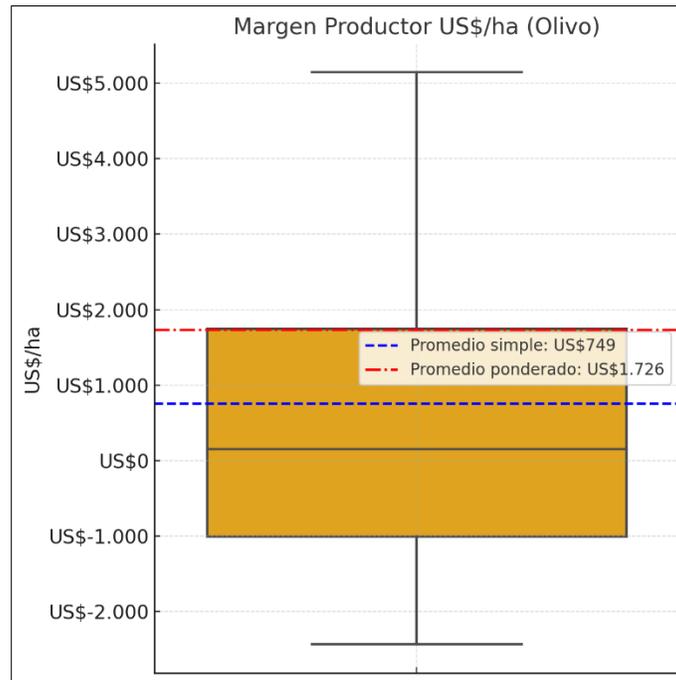
Fuente: Propia

Gráfico 92. Costo promedio olivo (US\$/ha)



Fuente: Propia

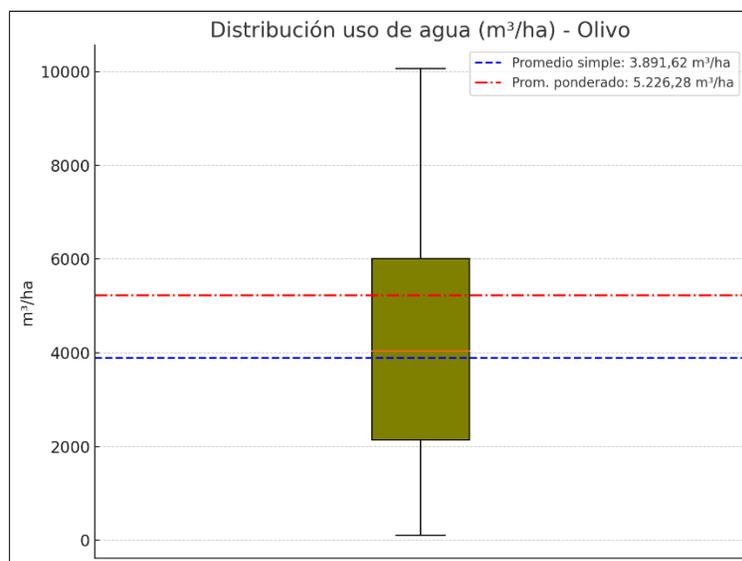
Gráfico 93. Costo promedio olivo (US\$/ha)



Fuente: Propia

Respecto al consumo de agua m³/ha el promedio simple entregó un valor de 3.900 m³/ha en cambio el promedio ponderado por la superficie arrojó un valor de 5.200 m³/ha lo que arroja que los cuarteles de mayor tamaño aplican un mayor volumen de agua. (Gráfico 94).

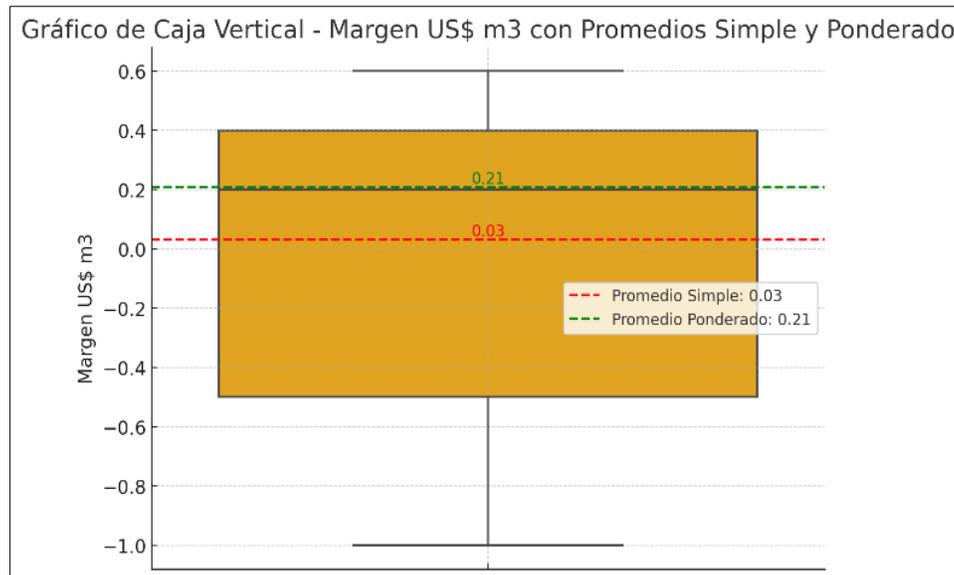
Gráfico 94. Consumo de agua promedio simple y ponderado olivo región de Coquimbo (m³/ha).



Fuente: Propia

El promedio simple de márgenes por m3 fue casi nulo, mientras que el ponderado fue de US\$ 0,21 por m3, con valores entre US\$ -1 y US\$ 0,6 por m3 (Gráfico 95).

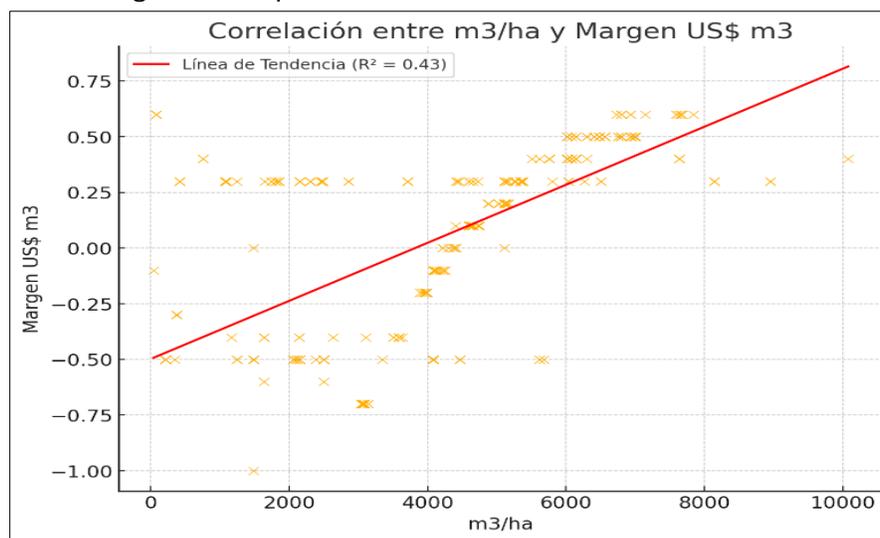
Gráfico 95. Margen económico promedio simple y ponderado del olivo región de Coquimbo (US\$/m3).



Fuente: Propia

Con el objetivo de identificar si existía una correlación entre los m3 aplicados de agua y el margen económico, el análisis pudo identificar que, si existe una relación positiva, es decir al aumentar el volumen de agua crece el margen por m3 (Gráfico 96).

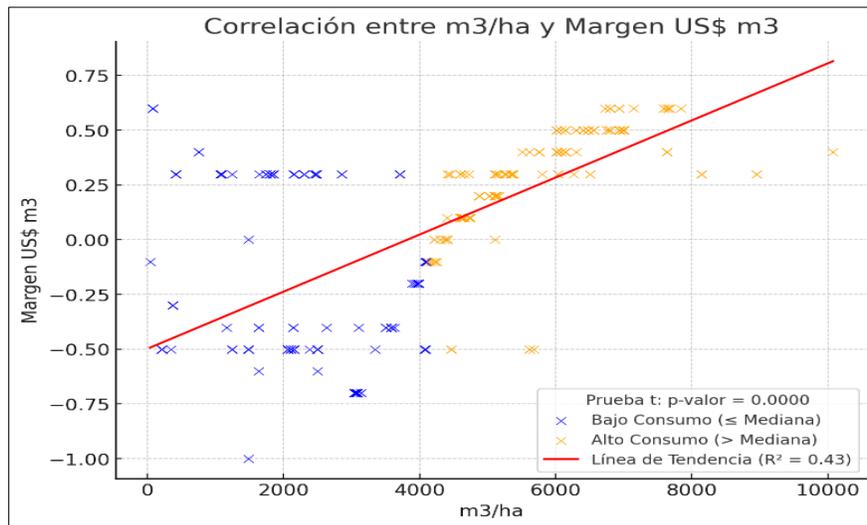
Gráfico 96. Correlación entre el consumo de agua (m3/ha) y el margen económico del agua (US\$/m3) en olivos región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Con el fin de conocer la existencia de grupos con comportamientos distintos dentro de las variables dosis de agua y margen, se realizó un análisis de clustering, identificándose dos grupos uno de bajo consumo de agua y escaso margen y otro grupo de mayor consumo de agua y alto margen (Gráfico 97) encontrándose diferencias entre grupos.

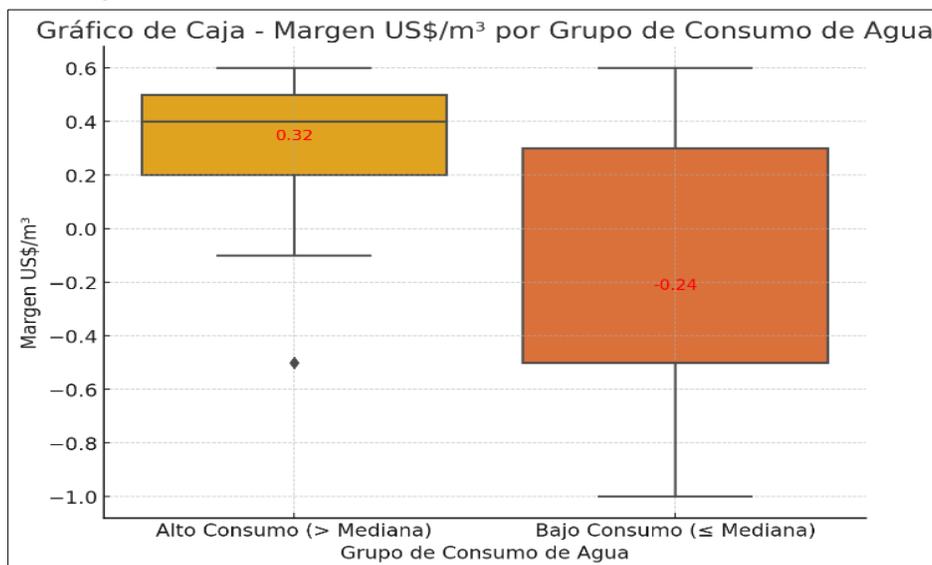
Gráfico 97. Zonas identificadas de acuerdo con el consumo de agua (m³/ha) y el margen (US\$) en olivos en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

En el siguiente gráfico (Gráfico 98) se muestran los márgenes obtenidos donde el grupo de alto consumo obtiene márgenes promedio de US\$ 0,32 por m³ y rangos que van del US\$ 0 al 0,6 y los de bajo consumo cuyo promedio es negativo (US\$ -0,24 m³).

Gráfico 98. Promedios de consumo de agua y margen económico de los grupos identificados en olivos en la región de Coquimbo.

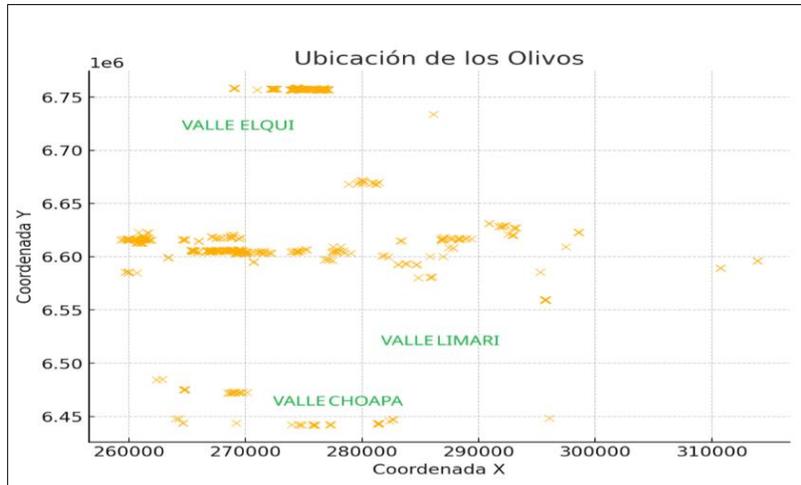


Fuente: Propia

3.8.2.3 Análisis territorial.

Con el fin de conocer la ubicación de los olivos, se realizó un gráfico de coordenadas, encontrándose este cultivo en las tres provincias especialmente en las zonas bajas, aunque en la provincia de Limarí se ve una distribución a lo largo del valle, pero con una mayor presencia en la zona baja (Gráfico 99).

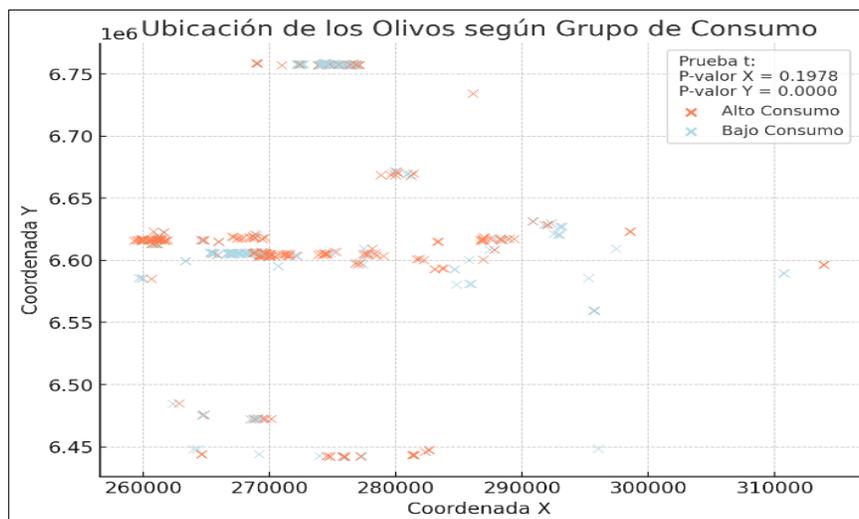
Gráfico 99. Ubicación geográfica de los olivos en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

De los grupos identificados se puede observar que los menores consumos de agua en general se observan en las partes bajas asociadas a climas más costeros con menores temperaturas. Gráfico 100.

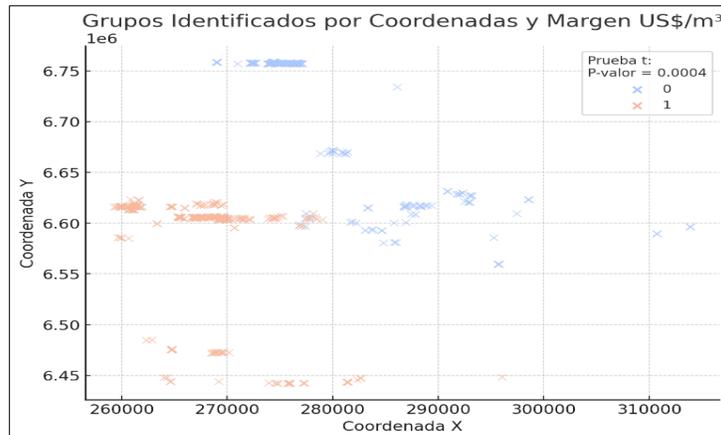
Gráfico 100. Grupos geográficos identificados de consumo de agua en olivos región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Aunque se presentan estas diferencias entre grupos el análisis estadístico sugiere que no hay una relación espacial fuerte entre la ubicación geográfica y el nivel de consumo de agua. Sin embargo, se encontró una diferencia significativa relativa al margen obtenido, encontrando dos grupos (Gráfico 101).

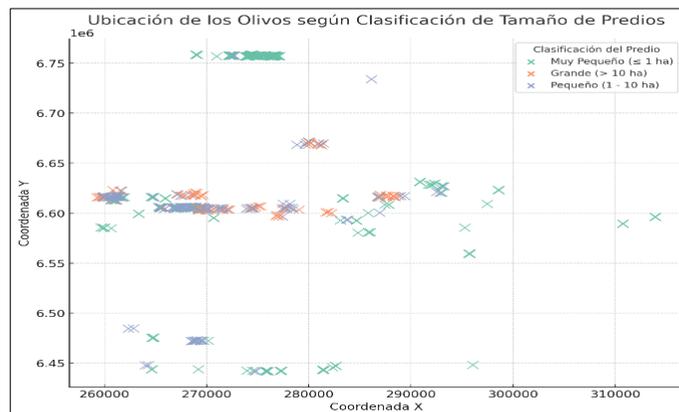
Gráfico 101. Grupos geográficos identificados de acuerdo con el margen por m³, olivos región de Coquimbo.



Fuente: Propia

El Grupo 0 (Color azul) con un Promedio del Margen US\$/m³ de -0.04 se encuentra asociado a la parte baja del valle de Elqui y a las partes más altas del valle de Limarí. Por otro lado, el Grupo 1 (Color rojo) presenta un Promedio del Margen US\$/m³: 0.09 donde gran parte de las observaciones se ubican en márgenes moderadamente positivos. El análisis sugiere que las ubicaciones geográficas podrían influir en la rentabilidad de los márgenes económicos, aunque las diferencias no son extremas. Una posible razón sería el tamaño de los cuarteles analizados, ya que en la zona baja del Limarí se encuentran los cuarteles de mayor tamaño de olivos (Gráfico 102).

Gráfico 102. Localización de los productores de olivos de acuerdo con la superficie productiva. Región de Coquimbo.



Fuente: Propia

3.8.2.3 Resumen del Olivo

Con relación a los márgenes por m³, el promedio simple mostró un valor casi nulo, mientras que el promedio ponderado fue de US\$ 0,21 m³, con valores entre US\$ -1 y US\$ 0,6 por m³. Se identificó una correlación positiva entre los m³ aplicados de agua y el margen económico, es decir, al aumentar el volumen de agua, crece el margen por m³ pero con una mediana correlación. Un análisis de clustering reveló dos grupos: uno con bajo consumo de agua y escaso margen, y otro con mayor consumo de agua y alto margen. El grupo de alto consumo mostró márgenes promedio de US\$ 0,32 por m³ y rangos de US\$ 0 a 0,6 m³, mientras que los de bajo consumo presentaron un promedio negativo de US\$ -0,24 m³. No se encontró una relación espacial fuerte entre la ubicación geográfica y el nivel de consumo de agua, las ubicaciones geográficas podrían influir en la rentabilidad de los márgenes económicos, especialmente debido al tamaño de los cuarteles analizados.

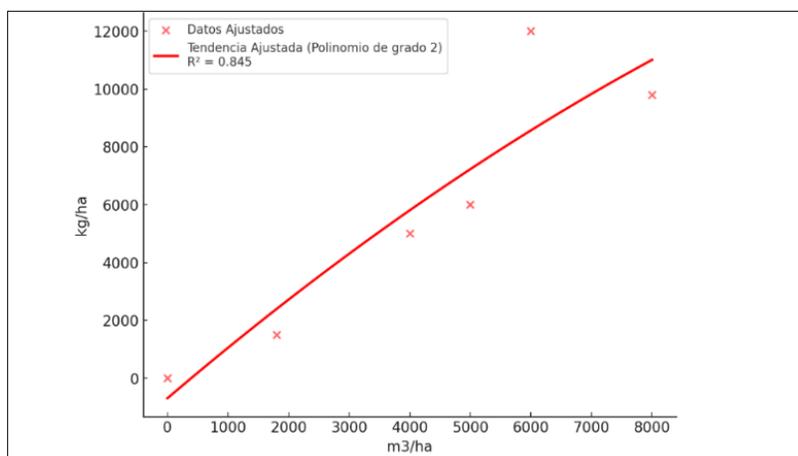
Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios mínimos coincidieron con la temporada 2020/21 por lo tanto este sería el mínimo valor y respecto a los precios máximos de estas temporadas fue un 144,2%. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 0,04 m³ y US\$ 0,18 m³ en el período analizado.

3.9 CERREZO

3.9.1 Metodología

La primera actividad fue definir la curva de productividad, identificando una función cuadrática entre los m³/ha de agua aplicada y la productividad. Esta relación positiva (Gráfico 103) se proyectó para calcular los rendimientos basados en los m³/ha obtenidos de las imágenes satelitales.

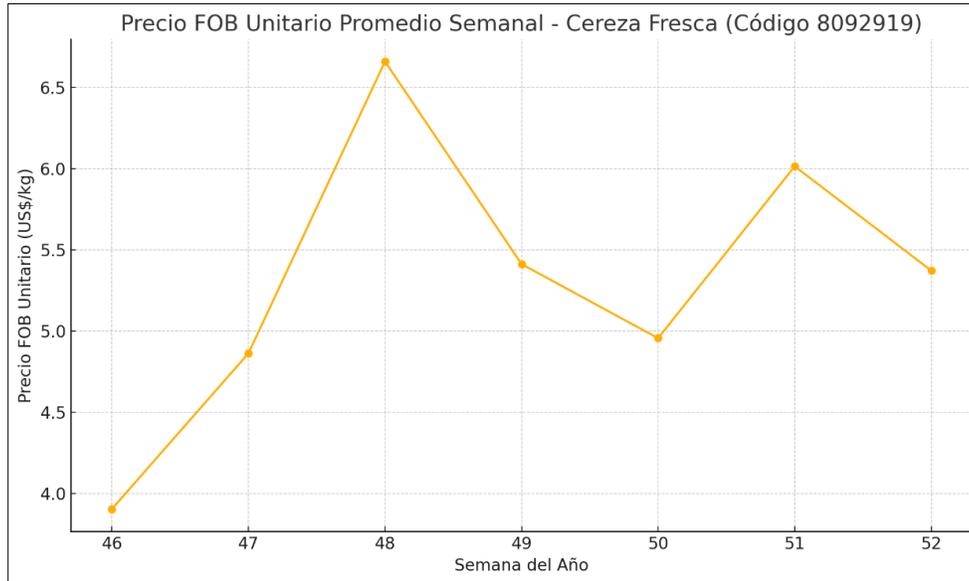
Gráfico 103. Relación entre el consumo de agua (m³/ha) y el rendimiento (kg/ha) del cerezo región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Los márgenes económicos se calcularon con precios de exportación entre cerca de US\$ 4.00 y US\$ 7.00 por kilogramo, según destino y calidad del producto para el año 2021 para cerezas de la región de Coquimbo (Gráfico 104).

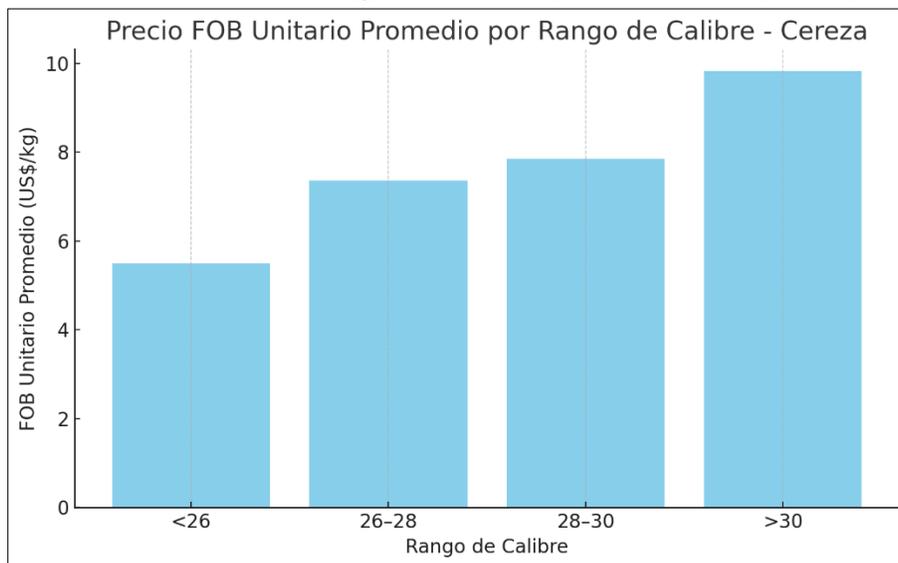
Gráfico 104. Precio FOB promedio kg de cereza fresca de procedencia de la región de Coquimbo 2021.



Fuente: Aduanas

Se deja constancia que existe una importante variación de precios acuerdo al calibre de la cereza (Gráfico 105).

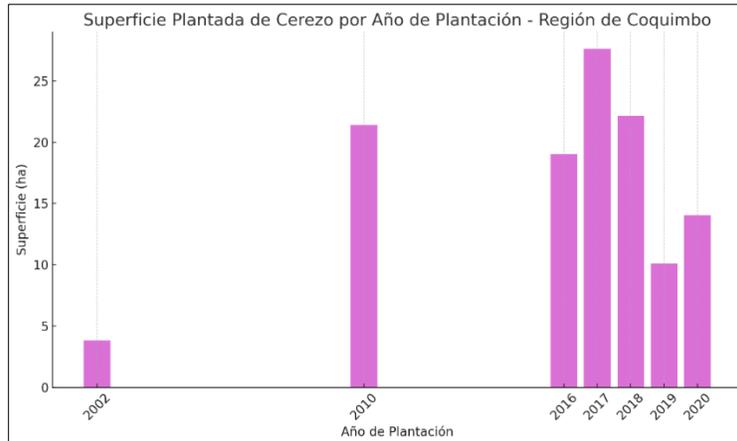
Gráfico 105. Precio US\$ Fob kg cereza fresca procedencia Coquimbo, 2021.



Fuente: Aduanas

Sin embargo, es esperable que el año 2021 aún los árboles presentaban más bien calibres pequeños, dado que eran de reciente plantación como se presenta a continuación (Gráfico 106), y por ende los precios estaban bajo los US\$ 7 kg.

Gráfico 106. Superficie plantada Cerezas región de Coquimbo según año (ha)



Fuente: Catastro Frutícola 2021

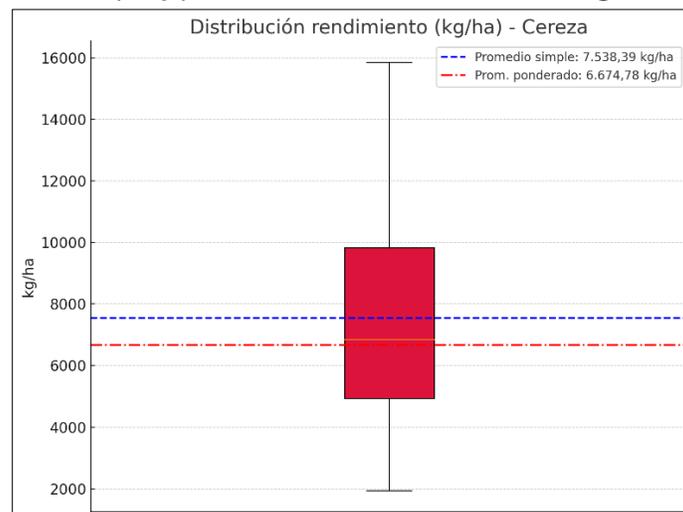
Se asumió un costo de producción varió entre US\$ 1.1 y US\$ 3.2 debido a diferencias en costos operativos e insumos.

3.9.2 Resultados.

3.9.2.1 Análisis productividad, m3 y margen.

El análisis muestra que el rendimiento promedio simple fue de 7.538 kg/ha y el ponderado de alrededor de 6.700 kg/ha, estos valores están dentro de los márgenes del Catastro Frutícola 2021, que indica 7.000 kg/ha. Los rangos de producción van de 2.000 a 16.000 kg/ha (Gráfico 107).

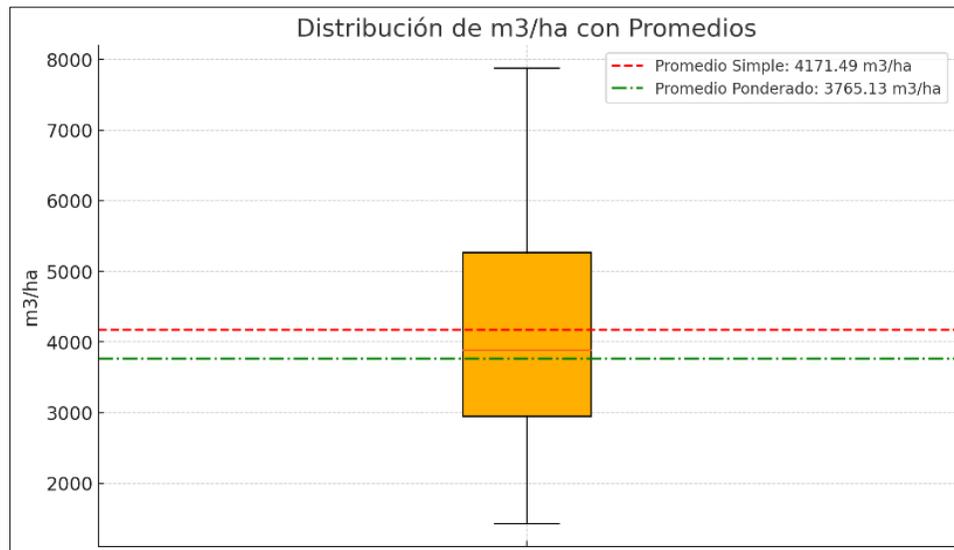
Gráfico 107. Promedio simple y ponderado rendimiento cerezo región de Coquimbo (kg/ha).



Fuente: Propia

Los volúmenes aplicados promedian 4.171 m³/ha (simple) y 3.765 m³/ha (Gráfico 108), estos volúmenes son menores a los citados por la literatura sin embargo esto se puede deber a que existe una importante superficie en formación. Los rangos de aplicación van de 1.500 a 8.000 m³/ha.

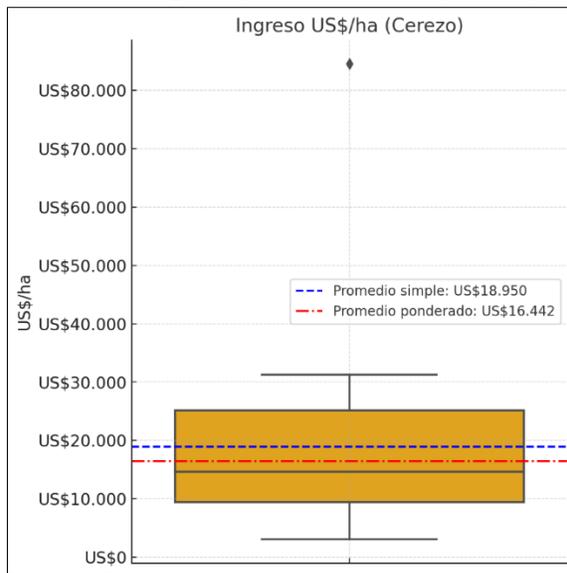
Gráfico 108. Promedio ponderado y simple del consumo de agua en cerezo región de Coquimbo.



Fuente: Propia

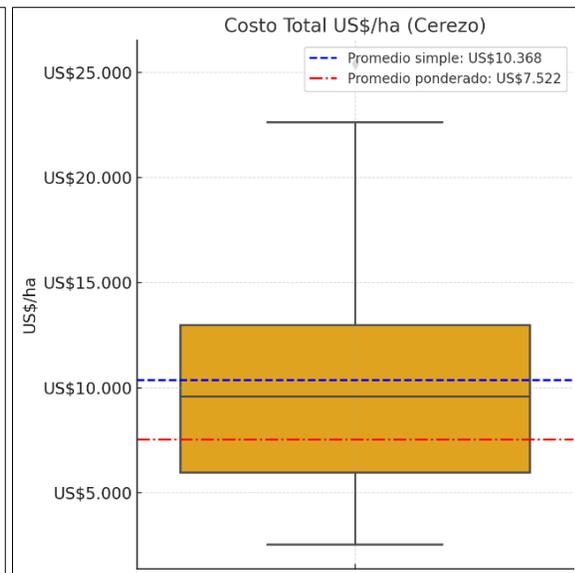
A continuación, se presentan los ingresos (Gráfico 109), costos (Gráfico 110) y margen a productor (Gráfico 111) por hectárea del cerezo para la región de Coquimbo.

Gráfico 109. Ingreso promedio cerezo (US\$/ha).



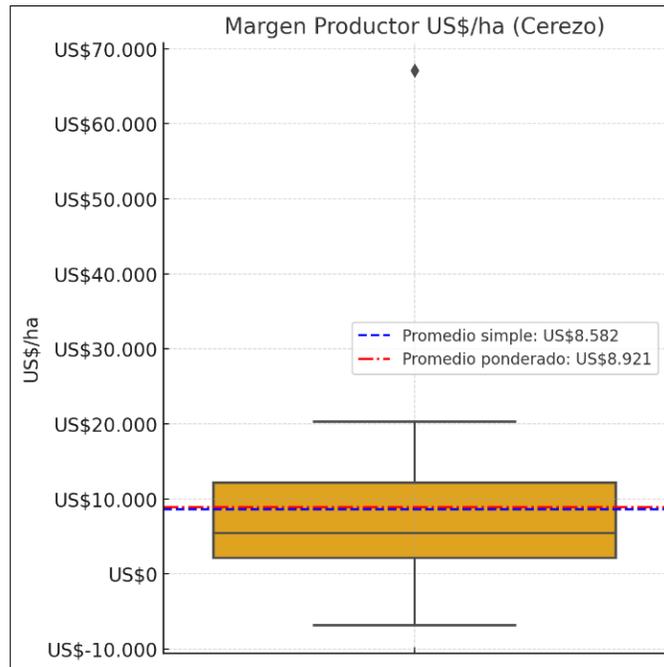
Fuente: Propia

Gráfico 110. Costo promedio cerezo (US\$/ha)



Fuente: Propia

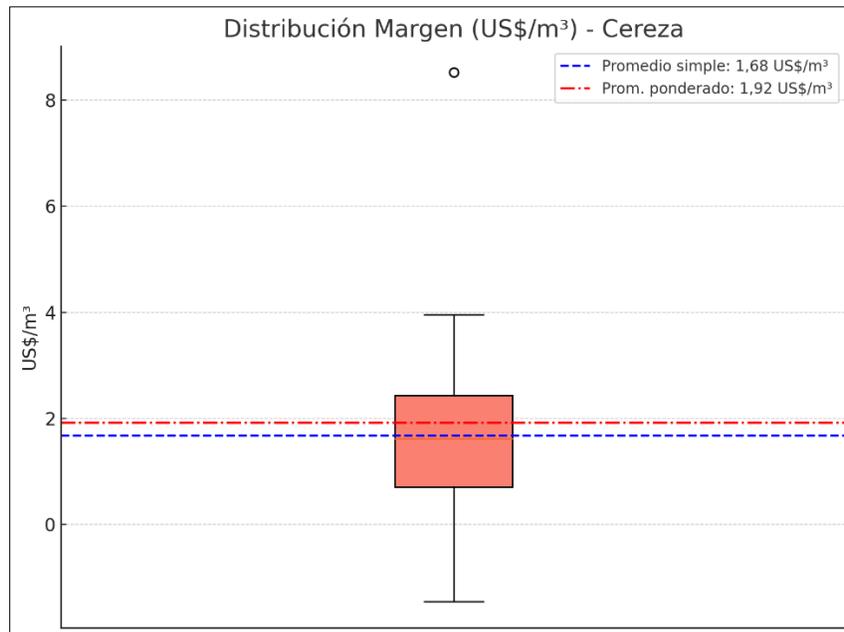
Gráfico 111. Costo promedio cerezo (US\$/ha)



Fuente: Propia

Con relación al margen económico del cerezo es de alrededor de US\$ 2 m³/ha, con un rango que va desde valores negativos hasta US\$ 4. (Gráfico 112)

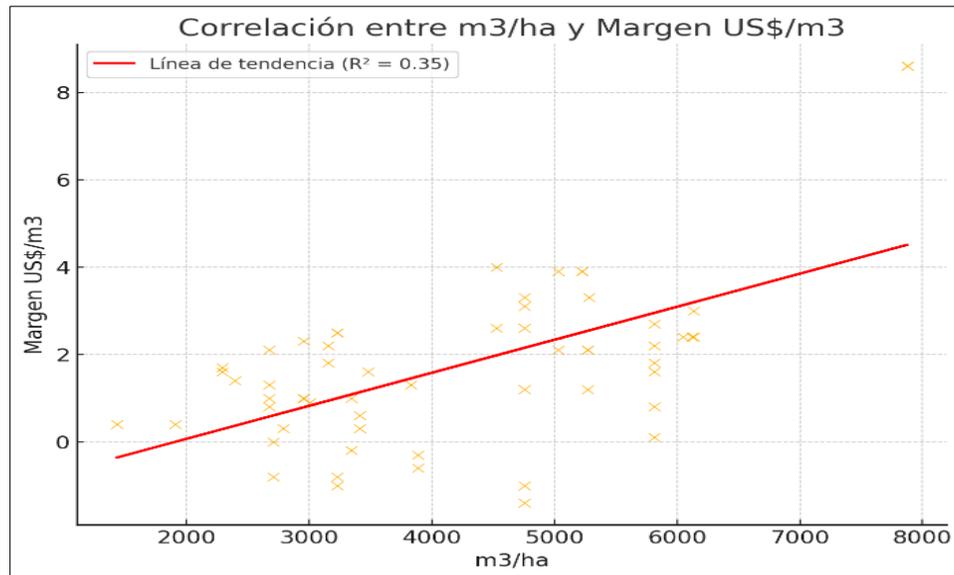
Gráfico 112. Promedio simple y ponderado del margen económico en cerezo región de Coquimbo (US\$/m³).



Fuente: Propia

El análisis muestra una correlación positiva y baja entre los márgenes y los m3 aplicados, con gran dispersión (Gráfico 113).

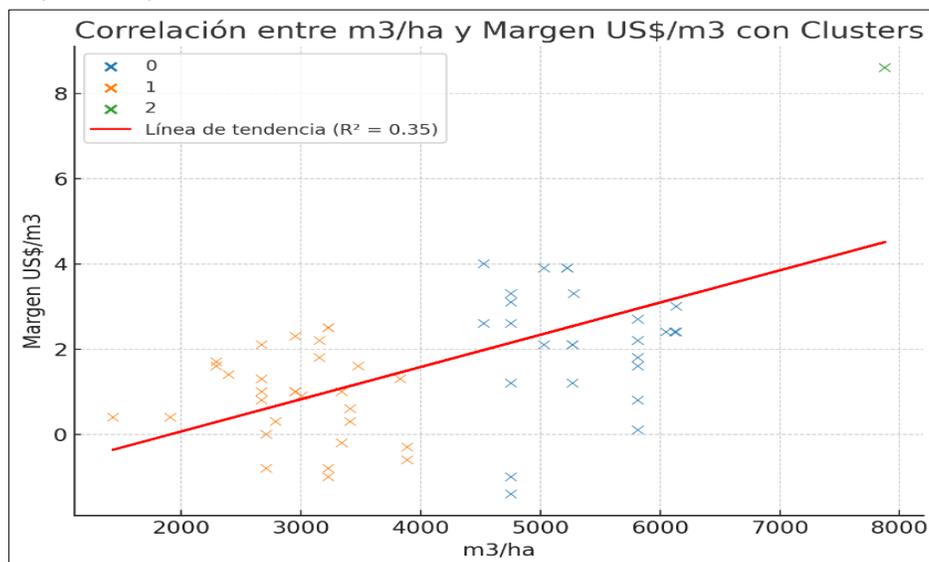
Gráfico 113. Correlación entre el consumo de agua (M3/ha) y el margen económico (US\$/m3) del cerezo en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Se llevó a cabo un análisis de clustering para identificar las causas de esta baja relación, encontrando tres grupos con diferentes márgenes (Gráfico 114).

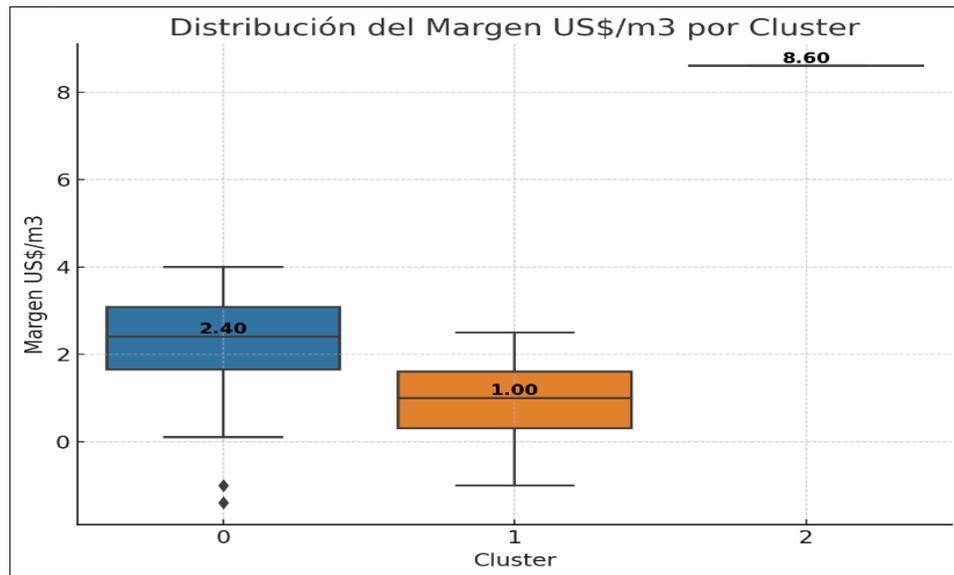
Gráfico 114. Cluster identificados con relación al consumo de agua (m3/ha) y margen económico (US\$/m3).



Fuente: Propia

Se presenta un resumen de los márgenes promedio de cada grupo. El cluster 0 alcanza un margen de US\$ 2,4, el cluster 1 tiene un margen de US\$ 1, y el cluster 2 obtiene el margen más alto con US\$ 8,6 por m3. (Gráfico 115).

Gráfico 115. Márgenes económicos (US\$/m3) promedios de los cluster identificados en cerezos. Región de Coquimbo.

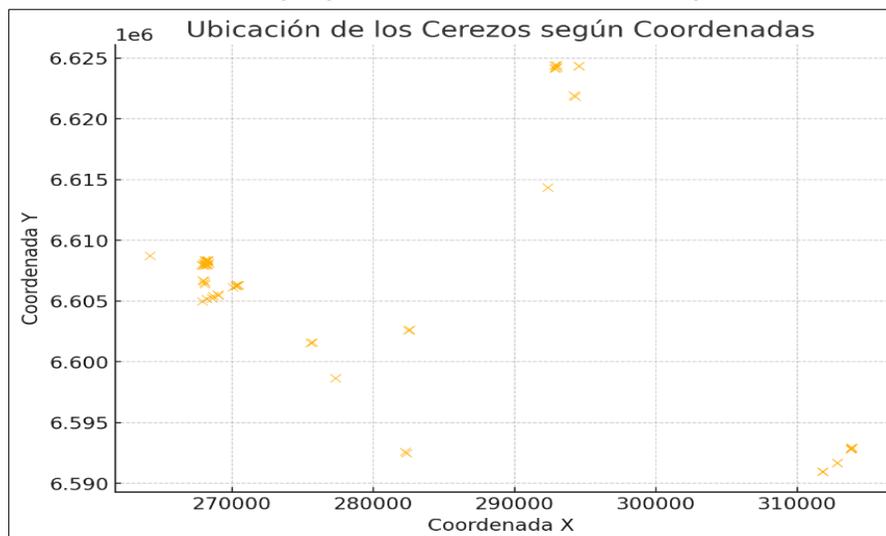


Fuente: Propia

3.9.2.2 Análisis territorial

El estudio territorial indica una presencia limitada de este frutal en el año 2021, localizado principalmente en la zona inferior de la cuenca del Limarí (Gráfico 116).

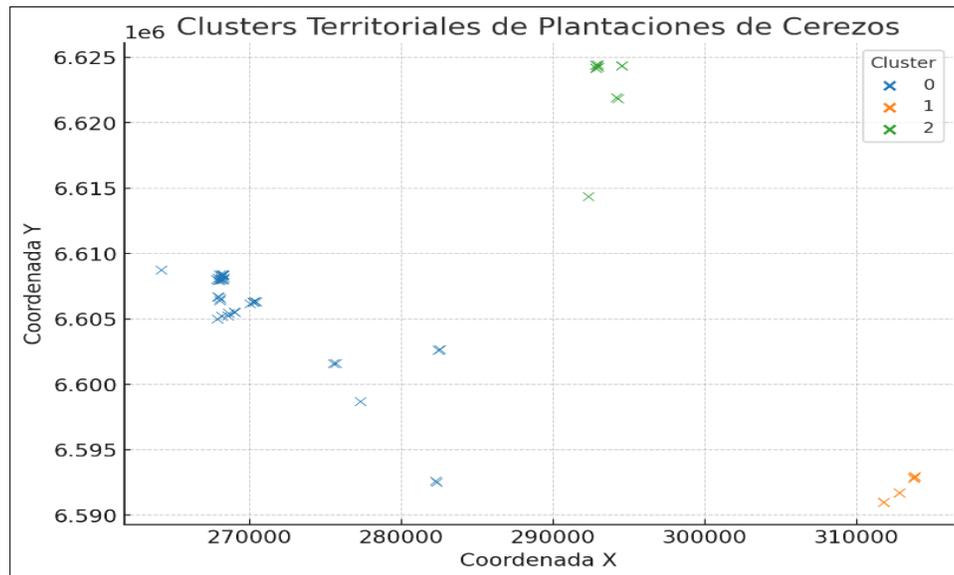
Gráfico 116. Ubicación geográfica de los cerezos en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

En relación con las diferencias territoriales en los márgenes, es posible distinguir tres grupos asociados a las provincias de la región. Los mayores márgenes se obtienen en la zona baja de la cuenca de Limarí (Cluster 0). Ver Gráfico 117.

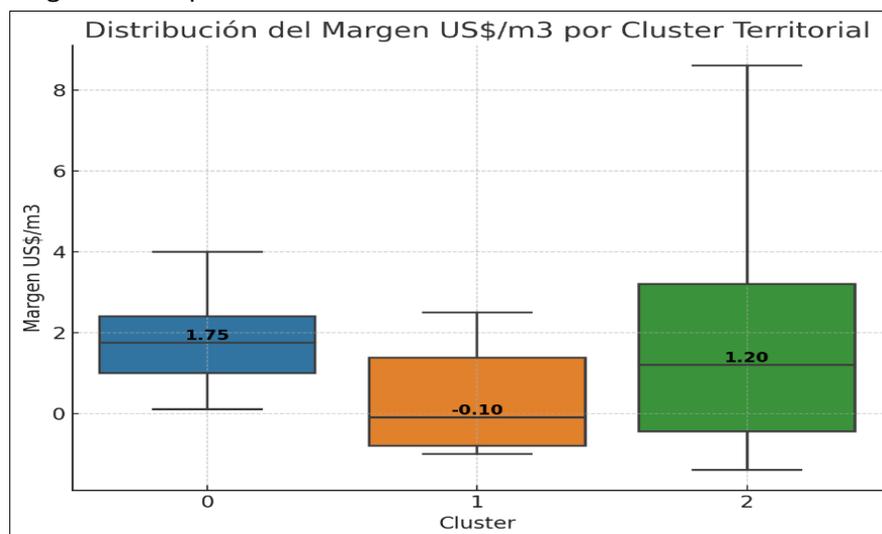
Gráfico 117. Cluster geográficos identificados de acuerdo con los márgenes económicos en cerezo región de Coquimbo (US\$/m3)



Fuente: Propia

El gráfico 118 muestra el margen según las diferencias territoriales, concentrándose principalmente en la parte baja del Limarí, donde se obtienen los mayores valores por m3.

Gráfico 118. Márgenes económicos promedios de acuerdo con los cluster obtenidos en cerezo en la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

3.9.2.3 Resumen

El análisis de rendimiento del cerezo reveló que el promedio simple de 7.500 kg/ha y ponderado de 6.700 kg/ha, alineándose con los márgenes indicados por el Catastro Frutícola 2021 (7.000 kg/ha).

En cuanto a los volúmenes aplicados, los promedios simple y ponderado por superficie son aproximadamente 4.171 m³/ha y 3.765 m³/ha respectivamente, con rangos entre 3.000 y 8.000 m³/ha.

El margen económico del cerezo presenta un promedio ponderado y simple alrededor de US\$ 2 m³/ha, con un rango que va desde márgenes negativos hasta US\$ 4 m³/ha. El análisis de correlación entre los márgenes y los m³ aplicados indicó una baja correlación con gran dispersión. Un análisis de clustering identificó tres grupos con diferentes márgenes: el cluster 0 alcanzando un margen de US\$ 2,4, el cluster 1 entrega un valor de US\$ 1 m³/ha, y el cluster 2 con el margen más alto de US\$ 8 por m³.

El análisis territorial reveló una limitada presencia del frutal en 2021, principalmente concentrada en la parte baja de la cuenca del Limarí, donde se registran los mayores márgenes por m³.

Se realizó un análisis de sensibilidad del margen económico por unidad de agua utilizada (US\$/m³) en relación a las variaciones de precio de exportación de las últimas 9 temporadas, teniéndose como escenario base a la temporada 2020/21, los precios mínimos coincidieron con la temporada 2020/21 por lo tanto este sería el mínimo valor y respecto a los precios máximos de estas temporadas fue un 45,9% superior a la situación base. Por lo tanto, si tomamos los 9 años de análisis el margen promedio simple varía en el período entre US\$ 1,7 m³ y US\$ 3,5 m³ en el período analizado.

IV.- Conclusiones de las especies en estudio.

A continuación, se resumen las conclusiones para cada especie:

Uva de mesa:

- El volumen de agua aplicado por cuartel en la producción de uva de mesa durante el año 2021 tuvo un promedio simple de 8.000 m³/ha, con una alta variabilidad.
- El rendimiento, varía entre 22.500 kg/ha y 30.000 kg/ha, con un promedio de 26.000 kg/ha.
- El margen promedio simple para el productor es de 0,4 US\$/m³.
- Se identificaron tres grupos de polígonos con diferencias significativas en los márgenes económicos.

Palto:

- El rendimiento promedio del palto en la región es de aproximadamente 10 toneladas por hectárea.
- En promedio, se aplican entre 8.500 y 9.000 m³/ha.
- Los márgenes económicos en promedio están en torno a los US\$ 0,4 m³.
- Se identificaron tres grupos con diferencias significativas en los márgenes.

Mandarino:

- El promedio de rendimiento es de 32 toneladas, coincidiendo con el Catastro Frutícola.
- Los promedios de m³/ha aplicados varían entre 200 y 10.000 m³/ha, con un promedio ponderado y simple de 6.800 m³/ha.
- Los márgenes económicos por metro cúbico de agua eran aproximadamente de US\$ 1 m³.
- Se identificaron tres grupos o clusters de producción basados en la rentabilidad y la producción.

Nogal:

- Los promedios simples y ponderados de rendimiento fueron 3.818 kg/ha y 3.862 kg/ha respectivamente.
- En relación con la aplicación de agua m³/ha, los promedios simple y ponderado por superficie aplicada se sitúan entre los 6.900 y 7.600 m³/ha.
- Los márgenes promedios simples y ponderados por superficie obtenidos oscilan entre US\$ 0,63 y US\$ 0,66 por m³.

- Se identificaron tres grupos con diferentes consumos de agua.

Limonero:

- Sobre rendimiento con un promedio simple de 38.500 kg/ha y un promedio ponderado de 42.500 kg/ha.
- El consumo de agua varía significativamente, con un promedio ponderado de 7.500 m³/ha y un promedio simple de 6.400 m³/ha.
- El margen económico por metro cúbico de agua es más concentrado (US\$ 1,7), aunque variable.
- Se identificaron tres grupos distintos en la relación económica y el uso del agua.

Naranja:

- Los valores de rendimiento varían entre 20.000 y 60.000 kg/ha, con un promedio simple de 45.387 kg/ha y un promedio ponderado de 45.066 kg/ha.
- El consumo de agua muestra que la mayoría de los valores están en un rango moderado y un promedio de 7.400 m³/ha, con algunos valores extremos.
- Los márgenes de la naranja oscilaron entre US\$ 0,8 y US\$ 1,8 por m³/ha, con un promedio de US\$ 1,17 por m³.
- Se identificaron tres clusters con diferentes consumos de agua.

Almendo:

- El rendimiento promedio simple de almendo fue de 2.372 kg/ha y el ponderado, considerando la superficie frutal, de 2.455 kg/ha.
- En cuanto al consumo de agua, el promedio registrado fue de 6.000 m³/ha, mientras que el promedio ponderado fue ligeramente superior con 6.200 m³/ha.
- El margen promedio simple fue de 0.42 US\$/m³ y el promedio ponderado de 0.46 US\$/m³.
- Se identificaron tres grupos con distinta respuesta.

Olivo:

- El rendimiento promedio simple del olivo se estimó en 10.885 kg/ha y ponderado de 15.036 kg/ha.
- Respecto al consumo de agua m³/ha, el promedio simple entregó un valor de 3.900 m³/ha, mientras que el promedio ponderado por la superficie arrojó un valor de 5.200 m³/ha.
- El promedio simple de márgenes por m³ fue casi nulo, mientras que el ponderado fue de US\$ 0,21 por m³.

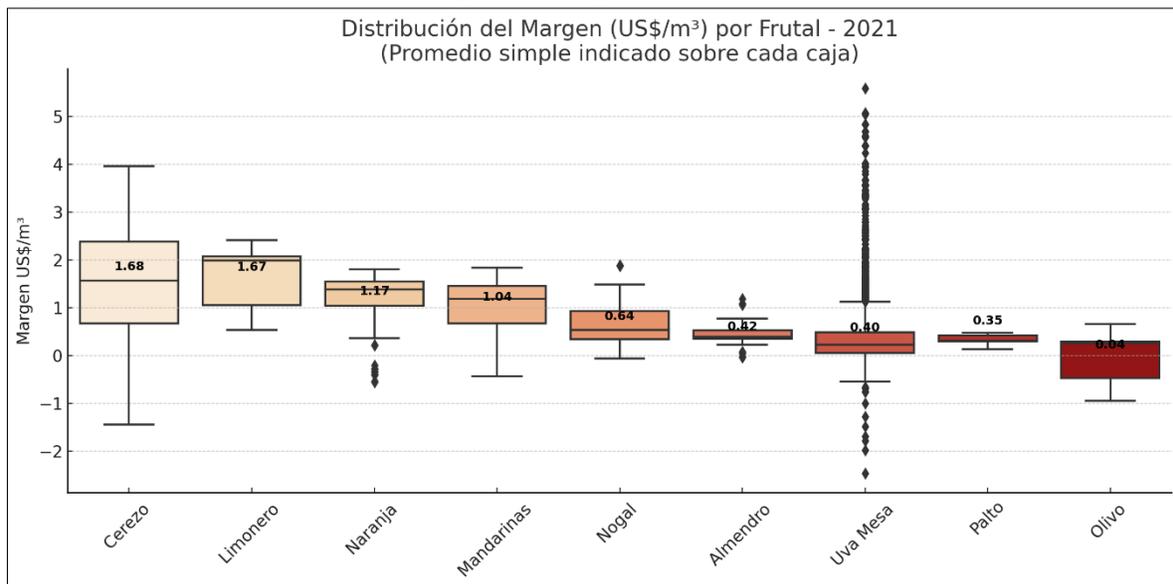
- Se identificaron dos grupos: uno con bajo consumo de agua y escaso margen, y otro con mayor consumo de agua y alto margen.

Cerezo:

- El rendimiento promedio simple de 7.500 kg/ha y de 6.700 lg/ha ponderado.
- Los volúmenes aplicados promedian 4.171 m³/ha (simple) y 3.765 m³/ha (ponderado por superficie).
- El margen económico del cerezo es de alrededor de US\$ 2 m³/ha.
- Se identificaron tres grupos con diferentes márgenes.

En resumen, cada especie presenta variaciones significativas en términos de rendimiento, consumo de agua y márgenes económicos. La identificación de clusters y el análisis territorial permiten entender mejor las diferencias y optimizar las estrategias de manejo para mejorar la rentabilidad y eficiencia en el uso de recursos hídricos. A continuación, se presenta el gráfico 119 que resumen los márgenes por cultivo.

Gráfico 119. Márgenes económicos promedio simple del m³ de agua obtenidos para las especies frutales en estudio de la región de Coquimbo.



Fuente: propia

El gráfico muestra la **variación de los márgenes económicos por metro cúbico (m³) de agua** utilizados en distintos cultivos frutales, en relación a las fluctuaciones de los precios de exportación durante las últimas 9 temporadas. La unidad utilizada es **US\$/m³**, lo que permite comparar la eficiencia económica del uso del agua en distintos rubros agrícolas, considerando precios máximos, mínimos y promedio ("base") alcanzados en dicho periodo.

Descripción por elementos del gráfico:

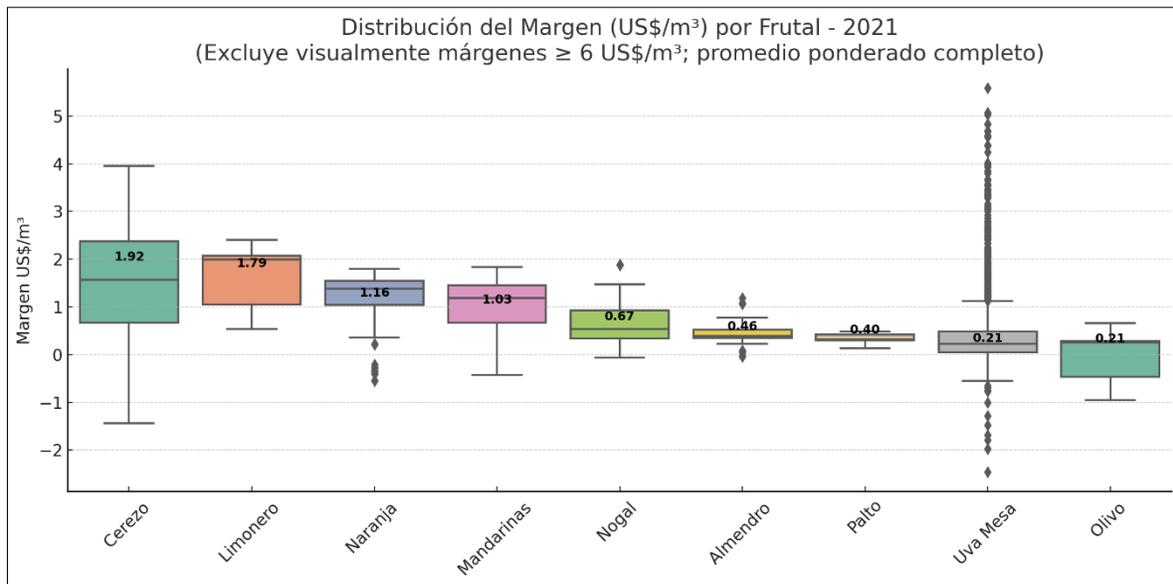
- **Eje vertical (Y):** Representa los márgenes en dólares por cada metro cúbico de agua utilizado (US\$/m³).
- **Eje horizontal (X):** Enumera los distintos cultivos analizados: cerezo, limonero, mandarino, uva, naranja, nogal, almendro, palto y olivo.
- **Líneas verticales:** Indican el rango de variación entre el **mínimo** y el **máximo** margen histórico para cada cultivo.
- **Punto intermedio verde (Base):** Corresponde al margen promedio o de referencia (base) de cada cultivo.

Interpretación:

- El **cerezo** presenta los márgenes más altos y la mayor variabilidad, con un margen base promedio de US\$1,68/m³ y una posibilidad de alcanzar hasta **US\$ 4/m³**.
- Le siguen **limonero, mandarino y naranja**, también con márgenes altos (entre US\$1,04 y US\$ 1,17/m³).
- Los **frutales de nuez** mantienen márgenes intermedios, con menor variabilidad entre US\$ 0,64 m³ y US\$ 0,46 m³.
- Cultivos como **palto y uva de mesa esta con gran variabilidad** muestran márgenes significativamente más bajos, cercanos o incluso inferiores a **US\$0,4/m³**, con poca, lo que indica menor rentabilidad y sensibilidad a los precios de exportación.
- Finalmente el olivo es el que muestra el menor margen por m³ de los distintos frutales aunque muestra una gran variabilidad que va de los

En relación a los promedios ponderados por la superficie de los márgenes m³/ha de los frutales en estudio (Gráfico 120)

Gráfico 120. Márgenes económicos promedio ponderado del m³ de agua obtenidos para las especies frutales en estudio de la región de Coquimbo.



Fuente: Propia

Respecto a los promedios ponderados se puede concluir lo siguiente.

1. **Cerezas y limones lideran la rentabilidad promedio**, con márgenes medios ponderados de US \$ 1,92/m³ y US \$ 1,79/m³ respectivamente. Además, exhiben amplias franjas de variabilidad (IQR), lo que indica que, bajo buenos precios de exportación, pueden alcanzar márgenes superiores a US \$ 3/m³, aunque también pueden caer por debajo de US \$ 0,5/m³ en temporadas menos favorables.
2. **Naranjas y mandarinas presentan márgenes intermedios**, en torno a US \$ 1,16/m³ (naranja) y US \$ 1,03/m³ (mandarina). Su rango de variación es más estrecho que el de cerezo y limonero, lo que sugiere menor exposición a oscilaciones extremas de precio.
3. **Frutos secos y palto registran márgenes reducidos**, con medianas alrededor de US \$ 0,67/m³ (nogal), US \$ 0,46/m³ (almendro) y US \$ 0,40/m³ (palto). Su baja volatilidad implica menor riesgo, pero también menor rentabilidad bajo la estructura de costos y precios actuales.
4. **Uva de mesa muestra la mayor variabilidad absoluta**: aunque su margen medio es bajo (US \$ 0,21/m³), hay episodios muy rentables ($> \text{US } \$ 5/\text{m}^3$) y otros profundamente deficitarios ($< \text{US } \$ -2/\text{m}^3$). Esto denota alto riesgo de precio, ligado a ciclos de oferta internacional y estacionalidad del mercado.
5. **Olivo exhibe los márgenes más bajos y constante**, con promedio cercano a US \$ 0,21/m³ y escasa dispersión. Su estabilidad de margen indica predictibilidad en costos e ingresos, pero su baja rentabilidad limita el atractivo en contextos de escasez hídrica.

A partir de estos dos gráficos de los promedios simples y ponderado por la superficie se puede concluir:

Al comparar ambos gráficos —uno con los promedios ponderados (valores destacados: Cerezo 1,92; Limonero 1,79; Naranja 1,16; Mandarina 1,03; Nogal 0,67; Almendro 0,46; Palto 0,40; Olivo 0,21; Uva de Mesa 0,21) y otro con promedios simples (Cerezo 1,68; Limonero 1,67; Naranja 1,17; Mandarina 1,04; Nogal 0,64; Almendro 0,42; Palto 0,35; Uva de Mesa 0,40; Olivo -0,04)—podemos extraer las siguientes conclusiones:

1. Liderazgo-estable de cerezo y limonero.

- Ambos cultivos ocupan los dos primeros lugares bajo cualquiera de los dos cálculos.
- El margen ponderado es incluso más alto para cerezo (+0,24) y limonero (+0,12) que el simple, lo que indica que sus mayores márgenes coinciden con mayores volúmenes de agua utilizada.

2. Cítricos: consistencia en naranja y mandarina.

- Naranja y mandarina muestran promedios muy similares en ambos métodos (diferencia $\leq 0,03$ US\$/m³), con rangos de variación reducidos.
- Esto señala que su rentabilidad y uso de agua son homogéneos y no están sesgados por campañas atípicas o pequeños volúmenes extremos.

3. Nogal, almendro y palto: baja volatilidad, baja rentabilidad.

- Nogal (0,67 vs. 0,64) y almendro (0,46 vs. 0,42) mantienen posiciones intermedias-bajas con diferencias menores.
- Palto se ubica consistentemente en torno a 0,35–0,40, confirmando su estabilidad pero baja eficiencia hídrica.

4. Uva de mesa: alto riesgo, impacto en promedio simple.

- En el promedio ponderado su margen medio es bajo (0,21), mientras que el simple sube a 0,40.
- Esto indica que —aunque hubo pocos episodios muy rentables (que inflan el simple)—estos no representaron grandes volúmenes de agua, por lo que el ponderado atenúa su efecto.

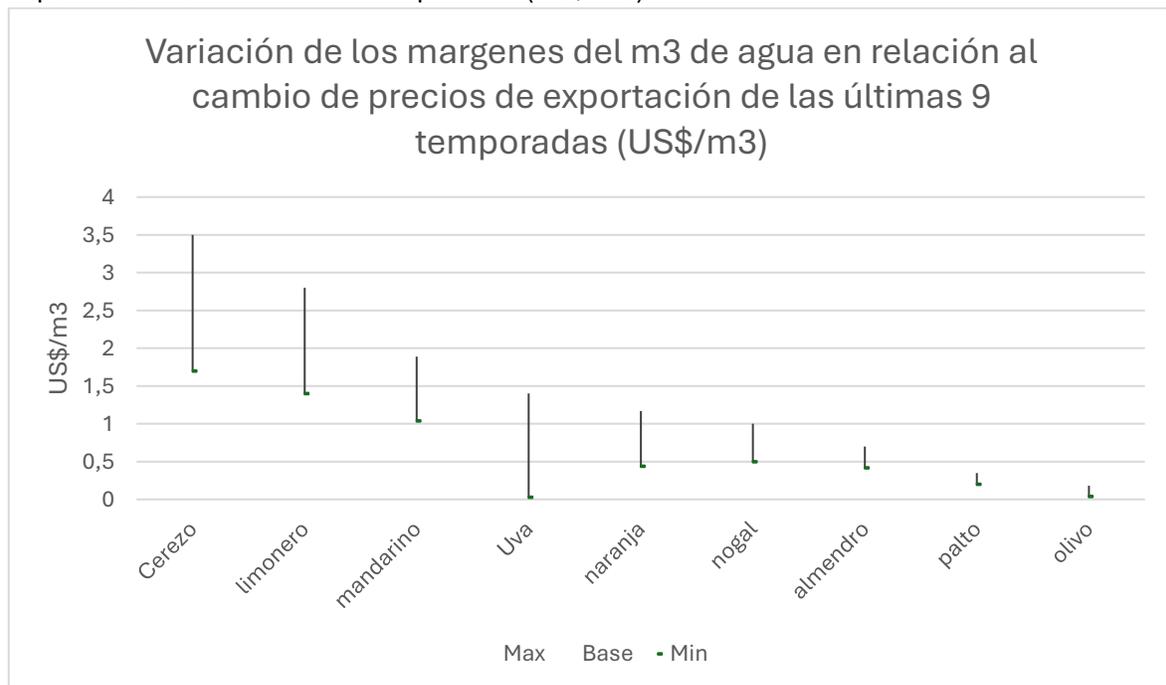
5. Olivo: regularización de un cultivo marginal.

- El olivo pasa de un margen moderado (0,21) en ponderado a ligeramente negativo (-0,04) en simple.

- Esto sugiere que pequeños lotes con rendimientos mejores están penalizados en el promedio simple, mientras que el uso de agua más extenso en campañas menos rentables domina el ponderado.

Finalmente, entendiendo que los márgenes de rentabilidad del agua varían de acuerdo con el precio anual, se realizó un análisis de sensibilidad al precio, tomando como referencia el precio base del 2021. Se analizaron los precios máximos y mínimos de cada cultivo entre las temporadas 2017 y 2024 (Gráfico 121).

Gráfico 121. Variación de los márgenes del m³ de agua en relación al cambio de precios de exportación de las últimas 9 temporadas (US\$/m³).



Fuente: Propia.

A partir de la evolución de los márgenes por m³ de agua durante las últimas nueve temporadas, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Cerezo como líder absoluto

- El margen “base” (promedio) se sitúa alrededor de **US\$ 1,7/m³**, con valores máximos cerca de **US\$ 3,5/m³** y mínimos superiores a **US\$ 1,5/m³**.
- Esta elevada rentabilidad y su alta variabilidad indican que, aun en temporadas menos favorables, el cerezo sigue siendo el cultivo que mejor aprovecha cada metro cúbico de agua, pero también el más sensible a las fluctuaciones de precio.

2. Limonero y mandarino, segundos en eficiencia y riesgo moderado

- El limonero muestra un margen base cercano a **US\$ 1,5/m³**, con máximos casi en **US\$ 2,8/m³** y mínimos alrededor de **US\$ 1,4/m³**.
- El mandarino, con un margen medio de **US\$ 1,1/m³**, alcanza un máximo aproximado de **US\$ 1,9/m³**, pero su mínimo desciende hasta **US\$ 1,0/m³**, lo que refleja menor exposición a caídas extremas.

3. Uva y naranja, rango intermedio y mínimos críticos

- La uva de mesa presenta un margen medio muy bajo (casi cero), con máximos moderados, pero un mínimo en **US\$ 0/m³**, lo que sugiere que en años de precios deprimidos no logra cubrir los costos de riego.
- La naranja mantiene un margen base de **US\$ 0,5/m³** y un mínimo también en cero, lo que implica que, pese a su consistencia en buenos años, en campañas malas puede dejar de ser rentable.

4. Nogal y almendro, baja rentabilidad pero estabilidad relativa

- Ambos cultivos oscilan entre **US\$ 0,5–1,0/m³** en su rango completo, con mínimos aún positivos alrededor de **US\$ 0,5/m³**.
- Su menor dispersión indica que, aunque no son muy lucrativos, ofrecen previsibilidad y riesgo limitado frente a variaciones de precio.

5. Palto y olivo, márgenes marginales

- El palto y el olivo tienen márgenes muy bajos: el mínimo del olivo cae prácticamente a **US\$ 0/m³** y su máximo no supera **US\$ 0,2/m³**, situando su margen base prácticamente en cero.
- Estos cultivos representan opciones de bajo retorno hídrico, siendo aconsejables solo en contextos donde la seguridad de un ingreso —aunque mínimo— sea prioritaria sobre la maximización de márgenes.

V.- Benchmarking nacional e internacional.

5.1 Antecedentes de contexto.

Tras una exhaustiva revisión de la literatura científica y fuentes disponibles de Estados Unidos, Europa, Australia y América del Sur, no se han encontrado estudios que proporcionen datos específicos sobre márgenes en US\$ por metro cúbico (US\$/m³) para los frutales en estudio (cerezo, nogal, olivo, limonero, mandarinas, naranjo, palto y uva de mesa). La mayoría de las investigaciones y reportes analizan la rentabilidad y eficiencia hídrica de estos cultivos utilizando métricas diferentes, como rendimiento por hectárea, costos de producción, ingresos brutos y consumo total de agua por hectárea, sin desglosar la información en términos de margen económico por unidad de agua aplicada.

5.2 Consideraciones preliminares.

- **Diversidad de Métodos y Contextos:** Las prácticas agrícolas, condiciones climáticas y técnicas de manejo varían significativamente entre regiones y países. Esto dificulta la estandarización de métricas como el margen US\$/m³, ya que factores como la eficiencia del riego, costos locales y precios de mercado influyen en los resultados económicos de manera distinta en cada contexto.
- **Necesidad de Estudios Específicos:** La ausencia de datos específicos en la literatura destaca la necesidad de realizar estudios detallados que integren tanto variables económicas como de uso de agua. Esto permitiría establecer métricas más precisas y comparables a nivel internacional, facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar la eficiencia y rentabilidad de los cultivos frutales.

El análisis considera:

- Comparación con datos nacionales e internacionales, incluyendo fuentes como FAO, universidades, ministerios y estudios técnicos.
- Datos recientes (últimos 5 años) y referencias históricas relevantes.
- Evaluación tanto de la eficiencia hídrica de los cultivos (kg/m³) como de la rentabilidad económica (US\$/m³).
- Comparaciones con zonas específicas de referencia como Chile, España y California.

También se identificarán similitudes y diferencias con los estudios existentes, explicando las razones de ello.

5.3 Resultados

5.3.1 Productividad hídrica y margen económico en frutales mediterráneos semiáridos

En las zonas mediterráneas semiáridas (como Chile central, el sur de España o California), la disponibilidad de agua es limitada, por lo que es crucial evaluar **la productividad del agua** de distintos frutales –es decir, cuánta producción se obtiene por volumen de agua– y **su rentabilidad económica por unidad de agua**. A continuación, se comparan nueve cultivos (Palto, limón, naranja, cereza, nogal, almendro, olivo, mandarina y uva de mesa) integrando datos de estudios recientes nacionales e internacionales, con énfasis en Chile, España y California. Se discuten sus **requerimientos de agua (m^3/ha)**, **eficiencia hídrica (kg de fruto por m^3)** y **margen económico ($US\$/m^3$)**, destacando similitudes y diferencias entre regiones y explicando las causas.

Productividad hídrica.

En relación a los requerimientos de agua por hectárea, Los frutales mediterráneos analizados difieren notablemente en la cantidad de agua que necesitan por hectárea al año bajo riego. En condiciones de producción comercial intensiva (riego tecnificado, alta densidad), cultivos de alto consumo como el palto y los cítricos suelen requerir del orden de 6.000 a $8.500 m^3/ha/año$. Por ejemplo, un huerto de **palto Hass** puede usar alrededor de $7.900 m^3/ha$ en California ([Frontiers | Estimating the Water and Carbon Footprints of Growing Avocados in the Munich Metropolitan Region Using Waste Heat as a Water-Energy-Food Nexus Potential](#)); en Israel se ha medido $\sim 6.700 m^3/ha$ y en Sudáfrica hasta $\sim 8.900 m^3/ha$ ([Frontiers | Estimating the Water and Carbon Footprints of Growing Avocados in the Munich Metropolitan Region Using Waste Heat as a Water-Energy-Food Nexus Potential](#)). En Chile central, estudios recientes sitúan la demanda anual de paltos en torno a $8.200 m^3/ha$, valor similar al de los **limoneros** (8.200 – $8.300 m^3/ha$ ()). Los **naranjos** y **mandarinos** presentan requerimientos ligeramente menores, típicamente entre 6.000 y $7.000 m^3/ha$ en climas semiáridos ([Agricultura revista agropecuaria, ISSN: 0002-1334](#)). Efectivamente, en la cuenca del río Segura (sureste de España) se estima que el limonero requiere ~ 6.000 – $7.000 m^3/ha/año$ ([Agricultura revista agropecuaria, ISSN: 0002-1334](#)), mientras que las necesidades hídricas de cítricos en general oscilan entre 6.000 y $9.000 m^3/ha$ según zona y clima ([Riego especializado en el cultivo de cítricos - AZUD](#)).

Cultivos de menor requerimiento relativo son el **almendro** y el **olivo**, que toleran cierto déficit. Un almendro adulto en zonas cálidas de Andalucía, con riego óptimo, necesita en promedio ~ 4.520 – $5.960 m^3/ha$ (según localidad) ([Recomendaciones de riego para el cultivo del almendro en Andalucía en condiciones de sequía](#)). En California, donde la mayoría de los almendros se riegan plenamente, se reportaba un uso medio cercano a $4.800 m^3/ha$, aunque con mejoras recientes bajó a $\sim 3.700 m^3/ha$ ([Cultivo De La Almendra: De La Siembra A Una Cosecha Abundante](#)). El olivo tradicional de secano sobrevive con lluvias, pero en plantaciones intensivas con riego **puede consumir hasta 10.000 – $12.000 m^3/ha$** para máximas producciones ([\[PDF\] RIEGO DEFICITARIO EN OLIVAR - Junta de Andalucía](#)). Sin embargo, es más común aplicar riegos deficitarios: con apenas ~ 1.500 – $3.000 m^3/ha$ suplementarios se

logra mejorar mucho el rendimiento del olivar respecto al secano ([¿Qué cantidad de agua necesita el Olivar? - Aceites Morales](#)) ([Dime qué olivar eres y te diré qué riego necesitas - La Huerta Digital](#)). En Chile, un olivar típico regado recibe ~5.000 m³/ha, menos que otros frutales de exportación, coherente con la estrategia de dar solo el agua mínima rentable.

Los frutales de hoja caduca como **cerezo** y **nogal** tienen requerimientos intermedios. El cerezo suele plantarse en zonas algo menos cálidas; en Chile central un huerto tecnificado puede usar entre 4.000 y 5.000 m³/ha. El nogal, en cambio, requiere bastante agua para altos rendimientos: en California se sugieren 40–42 pulgadas (~3.3–3.5 pies-acre) de agua por acre ([Drought Effects on Walnut and Irrigation Strategies - FloraPulse](#)), equivalentes a unos 10.000–10.500 m³/ha. En Chile, debido a restricciones hídricas, los nogales suelen recibir en torno a 5.900–7.400 m³/ha, algo por debajo de su óptimo potencial.

Finalmente, la **uva de mesa** en clima semiárido necesita un riego abundante para máxima producción. En valles chilenos como Aconcagua, se estima un rango de **7.000 a 10.000 m³/ha** por temporada, siendo ~8.000 m³/ha un valor típico ([Protocolo de manejo de uva de mesa para condiciones de escasez hídrica - Mundoagro](#)). Estudios en la Región de Coquimbo reportan consumos reales de ~7.600–8.100 m³/ha/año en parrones comerciales ([\[PDF\] Investigación y Desarrollo - Biblioteca Digital INIA](#)).

En resumen, de acuerdo a la bibliografía, palto y limón encabezan la lista en consumo de agua (~8.000 m³/ha), seguidos de uva de mesa (~8.000 m³/ha) y cítricos (mandarina/naranja ~6.500–7.000 m³/ha). Nogal y almendro rondan 5.000–6.000 m³/ha bajo riego estándar, el cerezo ~4.000–5.000 m³/ha, y el olivo puede variar enormemente (desde <3.000 m³/ha en manejo deficitario hasta >8.000 m³/ha si se riega a tope). Estas cifras pueden ajustarse a la baja en zonas costeras más húmedas o climas más frescos. Por ejemplo, en la Costa del Sol (Málaga, España) la palta requiere ~6.000–6.500 m³/ha, mientras en zonas interiores cálidas llega a ~8.000–8.500 m³/ha ([Riego del aguacate en detalle - Campo de Benamayor](#)). De hecho, debido a la escasez, muchos agricultores andaluces trabajan con dotaciones menores; se reporta que en la Axarquía de Málaga solo disponen de ~4.500 m³/ha para especies como el palto, comparado con ~15.000 m³/ha que llegan a usar en Perú ([El agua determina el futuro de las frutas tropicales - Revista Mercados](#)). Esto demuestra cómo la **zona geográfica** y la **disponibilidad hídrica** condicionan fuertemente el consumo: en regiones con agua abundante y barata (caso de Perú o California históricamente) se aplica más riego para maximizar la producción, mientras que en regiones con escasez (sur de España, norte de Chile) se limita la entrega de agua por planta.

Eficiencia hídrica: kilogramos de fruta por m³

No solo importa cuánta agua usan, sino cuánta fruta producen con esa agua. La **productividad física del agua (kg/m³)** varía por cultivo según sus rendimientos por hectárea. Los cítricos y algunas vides presentan las eficiencias más altas, mientras que los frutos secos son los más bajos en esta métrica.

- **Cítricos (naranja, mandarina, limón):** Tienen rendimientos muy altos en peso (20–40+ toneladas/ha) gracias a su densidad de plantación. Así, incluso con consumos de

~6.000–8.000 m³/ha, logran **≈5–6 kg de fruta por m³**. Estudios en Chile central muestran valores cercanos en torno a 6 kg/m³. Del mismo modo, mandarinos alcanzan ~5.4 kg/m³. Son cifras significativamente mayores que en frutales de carozo o frutos secos. En otras palabras, **los cítricos extraen mucha fruta por cada m³**, lo cual favorece su productividad hídrica.

- **Uva de mesa:** También ofrece altos rendimientos (25–35 ton/ha es común), que frente a ~8.000 m³/ha implican alrededor de **4–5 kg/m³**. Por ejemplo, en Limarí (Chile) se reportó ~30.9 ton/ha con ~8.141 m³/ha.
- **Cerezo:** Los cerezos dan cosechas más modestas en peso (8–12 ton/ha típica en huertos modernos). Con ~4.000 m³/ha, su eficiencia ronda **2 kg/m³**. Por ejemplo, un huerto en Chile obtenía ~7.5 ton/ha con ~4.170 m³/ha, ~1.8 kg/m³. Aunque es inferior a cítricos, es alta comparada con otros de similar porte, gracias a su buena producción y manejo tecnificado.
- El **palto** produce menos kilos por hectárea (10–15 ton/ha usual, por árbol grande y baja densidad). Con ~8.000 m³, se ubica apenas cerca de **1–1.5 kg/m³** ([\[PDF\] Water use of avocado orchards – Year 4 - Avocadosource.com](#)). Efectivamente, estudios sudafricanos encontraron 1.2–1.6 kg/m³ en huertos comerciales ([\[PDF\] Water use of avocado orchards – Year 4 - Avocadosource.com](#)). En Chile, con ~10.2 ton/ha y 8.2 mil m³, se obtiene ~1.25 kg/m³. Es una eficiencia física relativamente baja; el palto **convierte agua en producto con poca eficiencia de masa**, aunque como veremos, su alto valor de mercado compensa en ingresos.
- **Nogal y Almendro:** Son los menos eficientes en términos de kg de fruto por agua. Sus cosechas en peso (nuez y almendra en grano) son de apenas 1–3 ton/ha. En Chile, con ~5.5–6 mil m³/ha, el **almendro** produce en torno a 0,25–0,5 kg/m³ (según si se mide con cáscara o sin cáscara). Un estudio indica 1.08 ton/ha con 5.46 mil m³ (0,20 kg/m³) para almendra sin cáscara, aunque en huertos más productivos podría llegar a ~0,5 kg/m³. El **nogal** suele dar ~4 ton/ha en cáscara (≈2 ton en fruto seco), usando ~5.9 mil m³/ha, lo que supone **≈0,3–0,4 kg/m³**. Estos valores concuerdan con datos de California: “1 nuez = 5 galones de agua” se cita a veces, equivalente aproximadamente a 0,2 kg/litro, o ~0,2 kg/m³ ([Getting Nutty With the Way of Water - Healdsburg Tribune](#)). En síntesis, los frutos secos son **poco eficientes en biomasa por agua**, debido a su baja producción en peso comparado con cultivos de fruta fresca.
- **Olivo:** El olivo para aceite produce ~5–10 ton/ha de olivas, que se traducen en solo ~1–2 ton de aceite. Si recibe ~5.000 m³, la eficiencia en términos de oliva es **≈2 kg/m³**, pero en aceite sería apenas ~0,3 kg/m³. En Chile (Limarí), con ~5.187 m³/ha y la producción de olivas ronda 7–8 ton/ha o sea ~1.5 kg/m³.

En conclusión, **cítricos y uva lideran la productividad física del agua con 4–6 kg/m³**, seguidos por cerezo (~2 kg/m³). Palto se ubica cerca de 1 kg/m³, mientras **nogal, almendro y olivo quedan bajo 1 kg/m³**. Estas diferencias se explican por la carga de fruta lograda por hectárea: cultivos como cítricos o uva llenan el árbol/planta de biomasa cosechable cada año,

mientras que un nogal o almendro invierte más recursos en cáscara y en crecer madera que en peso de fruto, y además tienen menor densidad de plantación. Cabe señalar que en zonas con **estrés hídrico controlado** la eficiencia puede aumentar ligeramente (menos agua pero algo de producción) –por ejemplo, ensayos en almendro mostraron que regímenes deficitarios extremos elevan el “EUA” (eficiencia de uso de agua) de $\sim 0,4$ a $\sim 0,5$ kg/m^3 al reducir drásticamente el agua aplicada, aunque también bajando el rendimiento total ([Revista Vida Rural, ISSN: 1133-8938](#))–. No obstante, hay un límite práctico: si el déficit es muy severo, la producción cae tanto que la eficiencia global se resiente (e incluso la plantación puede morir, como ocurrió con 0 riego en almendro con 92% de árboles muertos ([Recomendaciones de riego para el cultivo del almendro en Andalucía en condiciones de sequía](#))). En la práctica comercial, cada especie tiene un rango de agua óptimo donde maximiza su rentabilidad más que su eficiencia física pura.

Margen económico por m^3 de agua

Desde el punto de vista del **productor**, interesa el **margen económico** obtenido por unidad de agua ($\text{US}\$/\text{m}^3$), es decir, la rentabilidad neta considerando los costos. Este indicador combina la eficiencia física (kg/m^3) con el valor comercial del cultivo y los costos de producción. En general, cultivos con mayor eficiencia física **y/o** alto valor de mercado logran mayores retornos por m^3 . A continuación, comparamos los márgenes aproximados de cada cultivo, basados en estudios de caso en Chile central (precios de exportación y costos locales):

- **Limón y Cereza – los más rentables por m^3 :** Son cultivos de alto valor. En Chile, el limón de exportación fuera de temporada tiene precios elevados, logrando ingresos brutos de hasta 10 $\text{US}\%$ por m^3 , muy superiores a otros frutales. Aun descontando sus costos, el **margen neto** es significativo: análisis productivos recientes arrojaron alrededor de **1.5–1.7 $\text{US}\$/\text{m}^3$ de utilidad neta** para limón bajo riego tecnificado. De modo similar, la cereza –destino de exportación premium–, pese a su moderada eficiencia física, genera alto valor por kilo. Con precios FOB altos ($\text{USD } \$5\text{–}8/\text{kg}$ exportado), un cerezo puede dejar **$\approx 1.5\text{–}1.8$ $\text{US}\$/\text{m}^3$ de margen**. Estos dos cultivos encabezan la lista en **rentabilidad hídrica**: su combinación de buena producción y precios excepcionales permite que **cada metro cúbico “valga” mucho dinero** en la cosecha.
- **Naranja y Mandarina – rentabilidad media-alta:** También muestran buenos retornos por agua, aunque menores que limón. En Chile, el ingreso bruto por m^3 de naranja ronda 3.75 $\text{US}\%$, y la utilidad neta se estima en torno a **1.0–1.2 $\text{US}\$/\text{m}^3$** . La mandarina, muy demandada, puede superar 5 $\text{US}\%$ de ingreso por m^3 , con margen neto aproximadamente **~ 1 $\text{US}\$/\text{m}^3$** . Estos valores son significativamente más altos que los de cultivos como los frutos secos, pero menores que limón/cereza porque el precio por kilo es más bajo. Aun así, estos *cítricos están entre los cultivos más eficientes económicamente por agua*, en particular cuando se destinan a mercados de exportación. En España, donde cítricos es un sector tradicional, los precios tienden a ser más bajos que en Chile (que exporta contraestación). Por ello, es probable que el margen $\$/\text{m}^3$ de un naranja en Valencia sea menor que en Chile; sin embargo, siguen

siendo cultivos relativamente rentables por unidad de agua en contextos mediterráneos. Un estudio español indicaba ingresos brutos equivalentes a $\sim 0,18 \text{ €}/\text{m}^3$ para naranjos en condiciones locales de precio (mucho menor que en Chile), lo cual muestra la diferencia que hace el mercado de destino en este indicador.

- **Palto – rentabilidad moderada:** Sus ingresos brutos por agua en Chile ($\sim 3.4 \text{ US}\$/\text{m}^3$) menores que los de cítricos o cereza, debido a producciones modestas. Los costos de producción (manejo, exportación) también son altos. Estudios en Petorca y Quillota encontraron **márgenes en torno a $0.8\text{--}1.0 \text{ US}\$/\text{m}^3$** para palto bajo riego deficitario controlado. Es decir, cada 1.000 m^3 de agua aportan unos $800\text{--}1.000 \text{ USD}$ de ganancia neta al productor. En España, el palto se vende bien pero la disponibilidad de agua es un factor limitante: con dotaciones de solo $4.500\text{--}5.000 \text{ m}^3/\text{ha}$ en Málaga ([El agua determina el futuro de las frutas tropicales - Revista Mercados](#)), muchos productores operan por debajo del óptimo, lo que puede recortar rendimientos y ganancias. Aun así, gracias a precios altos en Europa, **el palto en la Costa del Sol sigue siendo rentable** y ha expandido superficie, si bien su margen por m^3 quizás ronde valores similares a Chile (aprox. $1 \text{ US}\$/\text{m}^3$) bajo buenas prácticas. En California, la situación se ha complicado: el costo del agua se disparó con la sequía y muchos palteros han recortado riego o abandonados huertos. Un análisis sugería que, con costos de agua elevados, el margen del palto podría prácticamente anularse si obtiene menos de $\sim 0.40 \text{ US}\$/\text{m}^3$ por el recurso. Esto ejemplifica cómo **el margen económico por agua depende no solo del cultivo sino de factores locales** (precio de venta y costo del agua/insumos).
- **Uva de mesa – rentabilidad moderada-baja:** Aunque genera buenos ingresos totales, sus costos de producción son altísimos (mano de obra, embalaje, logística). En Chile, la uva de mesa arroja ingresos de $\sim 3.8 \text{ US}\$/\text{m}^3$, pero al descontar costos el margen neto reportado es apenas $\sim 0.3\text{--}0.5 \text{ US}\$/\text{m}^3$. De hecho, en algunos casos se calculó cerca de $0,4 \text{ US}\$/\text{m}^3$ de ganancia, lo cual es bajo comparado con otros frutales. Esto se debe a que, si bien la uva produce muchos kilos (buena eficiencia física), su *valor por kilo no es tan alto* y los gastos se comen gran parte del ingreso. Sin embargo, sigue siendo un cultivo rentable en términos absolutos por hectárea, solo que **su eficiencia económica del agua es menor**. En España (Murcia, Alicante) la uva de mesa también enfrenta costes altos; productores de uva de mesa sin semilla con riego tecnificado pueden obtener beneficios por agua algo mejores si logran precios premium tempranos, pero generalmente la rentabilidad hídrica de la uva de mesa es modesta.
- **Nogal y Almendro – rentabilidad baja:** Los frutos secos presentan **los menores márgenes económicos por m^3** entre los frutales analizados. En Chile, tanto nogal como almendro generan ingresos brutos cercanos a $2 \text{ US}\$/\text{m}^3$, que luego de costos resultan en utilidades netas inferiores a $0.6 \text{ US}\$/\text{m}^3$ en el mejor de los casos. Para **nogal**, estimaciones indican $\sim 0.5 \text{ US}\$/\text{m}^3$ de margen. El **almendro** tradicionalmente tenía rentabilidad hídrica nula en secano (sin riego no hay casi cosecha), pero con riegos moderados aún es bajo: se calcula entre 0.3 y $0.5 \text{ US}\$/\text{m}^3$ en condiciones de exportación. ODEPA reporta un ingreso total promedio de $\text{US}\$10.599/\text{ha}$ para almendro

con 5.461 m³, que al restar costos deja un margen muy exiguo o incluso negativo en años de bajos precios. En España, curiosamente, el almendro fue por años cultivo de secano marginal (baja producción, poco gasto); con la introducción de riego parcial y variedades tardías, los rendimientos subieron (de 300 kg/ha a >1500 kg/ha en muchas fincas) y la rentabilidad absoluta mejoró, pero **el agua adicional aporta un margen modesto**. Muchos nuevos almendros superintensivos en Andalucía y Portugal operan con 2.000–4.000 m³/ha para producir 1–2 ton/ha; aunque el negocio total sea rentable por escala, el beneficio por m³ sigue siendo de los más bajos (menor a 0,5 USD). Solo precios excepcionalmente altos de la almendra podrían elevar significativamente este indicador. En California, la expansión del almendro se sostuvo por agua a bajo costo; al encarecerse el recurso, la rentabilidad por m³ cayó drásticamente y se pronostica contracción del área de menor productividad (valles marginales). En síntesis, nogal y almendro *no generan elevados márgenes por metro cúbico*, lo que los hace vulnerables en escenarios de escasez o agua costosa.

- **Olivo – rentabilidad mínima o nula con riego:** El olivo destaca por su **bajísima rentabilidad hídrica** cuando se le aporta agua en abundancia. En Chile, un estudio arrojó prácticamente **0 US\$/m³ de margen neto** para olivos regados (es decir, apenas se cubrían costos). Esto ocurre porque el precio de la aceituna/aceite es relativamente bajo frente a otros frutales, y la producción en peso no compensa los costos de riego, cosecha y molienda. De hecho, el olivo **solo es altamente rentable por agua en condiciones de restricción**, donde aprovecha su rusticidad. En España, por ejemplo, con **~1500 m³/ha** de riego suplementario en olivar tradicional se puede casi doblar la producción respecto al secano ([Dime qué olivar eres y te diré qué riego necesitas - La Huerta Digital](#)), obteniendo un buen retorno marginal por esa poca agua (ya que el gasto es bajo y el aceite extra producido es ganancia). Pero si se intentara regar a tope (6.000 m³/ha) un olivar tradicional, el rendimiento no aumentaría proporcionalmente y los costes arruinan el margen. Por eso, en Andalucía la recomendación es *déficit hídrico controlado* en olivo: usar poca agua con el mayor impacto posible en producción. Los nuevos olivares en seto, de alta densidad, tienen algo mejor rendimiento por área, pero demandan más agua; su rentabilidad por m³ sigue siendo baja, a menos que integren toda la cadena (almazara propia, aceite premium) para aumentar el valor del producto. En resumen, **el olivo sólo es competitivo en uso de agua cuando ésta es escasa y barata**, de lo contrario su margen tiende a cero o negativo si compete con cultivos más rentables por el recurso.

Comparación interregional y factores explicativos

Aunque cada cultivo tiene un rango característico de eficiencia y rentabilidad hídrica, existen **variaciones importantes según la zona geográfica y las prácticas de manejo:**

- **Clima y evaporación:** En zonas más áridas y calurosas (por ejemplo, interior de California o valle del Segura en Murcia) la **evapotranspiración** es mayor, aumentando los requerimientos de agua para lograr la misma producción. España mediterránea y Chile central comparten demandas similares, pero en la costa andaluza o la California

costera (climas más benignos) los árboles requieren algo menos riego que en el interior. Por ejemplo, como vimos, un palto en zona costera de Málaga necesita ~25% menos agua que uno en el interior ([Riego del aguacate en detalle - Campo de Benamayor](#)). Esto afecta la productividad física: en climas benignos se puede obtener más kg por m³ simplemente porque el “denominador” (agua) es menor para un rendimiento dado. Un caso ilustrativo es el almendro: Córdoba (valle del Guadalquivir, cálido) requería ~596 mm vs Úbeda (Jaén, más fresca) 452 mm para riego óptimo ([Recomendaciones de riego para el cultivo del almendro en Andalucía en condiciones de sequía](#)); el mismo cultivar produce similar cantidad de almendra, por lo que en Úbeda la eficiencia kg/m³ resulta mayor. Así, regiones semiáridas más frescas o con humedad ambiental permiten **mayor eficiencia hídrica**; en cambio, bajo climas muy secos los cultivos gastan más agua.

- **Disponibilidad y gestión del agua:** En áreas con **escasez hídrica crónica**, los agricultores ajustan sus estrategias: se reduce la superficie regada o se aplica **riego deficitario** para estirar el recurso. Esto suele **elegir el margen por m³** a costa de reducir la producción total. Un ejemplo es Petorca (Chile) donde se cortó agua a paltos: productores optaron por regar menos hectáreas, manteniendo los huertos más rentables. El resultado es que el palto sobreviviente quizás recibe 4.000 m³/ha en vez de 8.000, produciendo 6 ton/ha en vez de 10 ton – su eficiencia física sube ligeramente (1.5 vs 1.25 kg/m³) y el *margen por m³* puede subir también, porque están priorizando las aguas en las plantas más productivas (las otras se secan completamente, fuera del promedio). En España, la histórica falta de agua en el sureste llevó a que almendros y olivos se cultivaran en secano: **cero m³ de riego por ha, con margen hídrico teóricamente infinito** (aunque con rendimientos muy bajos). Hoy con algo de riego, ese margen por m³ sigue alto mientras se apliquen láminas pequeñas. Esto contrasta con zonas de riego tradicional abundante (p. ej. la cuenca del Ebro en Aragón para fruta dulce, o California central para almendros antes de la sequía): allí se regaba a satisfacción, priorizando maximizar toneladas por ha más que optimizar US\$/m³. Con el tiempo, la creciente competencia por el agua está forzando a todas las regiones a **mejorar la “productividad del agua”**, incorporando tecnologías de riego eficiente y cultivos de mayor valor. Por ejemplo, en California se arrancaron alfalfa y cítricos menos rentables para plantar almendros cuando el agua era suficiente; ahora que el agua escasea, podrían mantenerse solo las hectáreas de almendro más productivas y otras se reconvertirán a cultivos con menos requerimiento hídrico o se dejarán en barbecho.
- **Tecnología de riego y manejo agronómico:** La adopción de **riego por goteo** y mejores técnicas ha reducido el consumo unitario en muchos casos, **mejorando la rentabilidad por m³**. La industria del almendro en California presume de haber bajado un 33% el uso de agua por kilo desde 1990 ([Cultivo De La Almendra: De La Siembra A Una Cosecha Abundante](#)). En cítricos chilenos, la tecnificación ha permitido mantener rendimientos con menores dotaciones que antes (que eran por tendido o surcos). Asimismo, prácticas como coberturas vegetales/mulch, poda de formación y control

de marcos influyen: por ejemplo, en olivo, reducir el volumen de copa de 10.000 a 8.000 m³/ha de evapotranspiración puede ahorrar 40% de agua con mínima merma productiva ([\[PDF\] Manejo del riego en el Olivo - Instituto Nacional del Agua \(INA\)](#)). Estas mejoras **homogenizan** un poco las productividades entre regiones que las implementan. Un limón en Murcia con goteo puede acercarse en eficiencia a uno chileno, a pesar de tener menos agua, porque optimiza cada gota. No obstante, aún persisten diferencias: la **calidad del riego** (frecuencia, oportunidad) impacta la productividad. Chile y California, con grandes inversiones en riego, suelen lograr altos coeficientes de uniformidad, mientras que en explotaciones tradicionales mediterráneas podría haber más irregularidad. Así, la **brecha tecnológica** explica parte de las diferencias en eficiencia y margen observadas entre agricultores de distintas regiones incluso con el mismo clima.

- **Precios de mercado y costos locales:** Este factor económico es clave para el **margen US\$/m³**. Un mismo cultivo puede tener distinto valor según la zona/país y el mercado al que accede. Ejemplos: la cereza chilena se vende a China a precios altos, dando ~1.7 \$/m³ de margen, mientras que una cereza en Italia quizás se comercializa a menor precio local, resultando en mucho menos ingreso por agua. Del lado de los costos, la mano de obra y otros insumos varían: en California los costos son altos (agua incluida), reduciendo margen por m³ a cultivos como cítricos al punto que muchos abandonaron huertos de naranja por no ser rentables en años secos. En España, el costo del agua de riego (cuando proviene de trasvases o desalación) puede ser muy elevado; ODEPA estimó que el *costo de producir agua desalada* en Limarí podría equivaler a ~1 US\$/m³, lo cual solo unos pocos cultivos (limón, mandarina, palto) pueden pagar rentablemente. En efecto, se determinó que **el cultivo con mayor “capacidad de pago” por agua es la mandarina, seguido por cítricos y palto**, mientras que olivo y almendro *no podrían costear* agua cara. Esto explica por qué en ciertas regiones los agricultores eligen unos cultivos sobre otros en función de la disponibilidad/costo del agua.

En conclusión, la **productividad del agua** de estos frutales refleja tanto su biología (rendimiento y valor intrínseco) como las condiciones de la zona donde se cultivan. **Chile**, con su enfoque exportador y riego intensivo en zonas semiáridas, exhibe altos consumos, pero también altos retornos por m³ en cultivos estrellas (limón, cereza, palto). **España**, con una tradición mixta de secano y regadío, muestra casos de muy alta eficiencia económica en cultivos adaptados al déficit (olivar tradicional, almendro de secano) pero con bajos rendimientos absolutos, mientras que en regadíos intensivos (cítricos, frutales de hueso) la eficiencia física es similar a Chile, aunque la rentabilidad por agua puede ser menor por precios más bajos. **California** históricamente tuvo productividad física elevada (huertos muy productivos) pero sin optimización económica del agua hasta que la sequía impuso restricciones; ahora se ve obligada a seleccionar cultivos de mayor valor por unidad de agua ([Getting Nutty With the Way of Water - Healdsburg Tribune](#)).

Cada cultivo presenta **similitudes entre regiones** (ej. el palto siempre demanda mucha agua, el almendro siempre tiene bajo rendimiento por m³) pero **diferencias en eficiencia y margen**

según la zona por los factores mencionados. En zonas con limitantes (frío invernal, calor extremo o falta de agua) a veces se observa que ciertos frutales *no alcanzan los niveles de productividad hídrica logrados en zonas ideales*.

Conclusiones comparativas por cultivo y región

Palto: *Alto consumo y valor medio*. Requiere $\sim 7.000\text{--}9.000\text{ m}^3/\text{ha}$ en clima semiárido. Eficiencia física baja ($\sim 1\text{ kg}/\text{m}^3$) pero fruta de alto valor. Margen económico moderado ($\approx 0.8\text{--}1.0\text{ US}\$/\text{m}^3$ en escenarios favorables). En Chile y Perú, con agua suficiente, alcanza alto rendimiento por ha pero no destaca en eficiencia; su rentabilidad por agua proviene más del precio que de la cantidad producida. En España, con agua limitada, los huertos están ajustados al déficit: esto puede reducir la producción, pero forzar un uso hídrico muy eficiente (cada m^3 produce menos kilos, pero el costo de agua ahorrada mejora el margen unitario). California, con costos elevados, ha visto reducir su margen, poniendo en riesgo huertos en zonas marginales. **En resumen:** el palto es un cultivo rentable, aunque no el que más dólares genera por m^3 , y es sensible a la escasez hídrica prolongada.

Cítricos (Limón, Naranja, Mandarina): *Relativamente alto consumo, pero altísima productividad en peso*. Requieren $\sim 6.000\text{--}8.000\text{ m}^3/\text{ha}$. Eficiencia física líder ($5\text{--}6\text{ kg}/\text{m}^3$ en naranja/mandarina; $>4\text{ kg}/\text{m}^3$ en limón con producción algo menor pero compensada por calibre). El **limón** sobresale en rentabilidad hídrica: exportado desde Chile alcanza $10\text{ US}\$/\text{m}^3$ bruto y $\sim 1.5\text{ US}\$/\text{m}^3$ neto, gracias a precios internacionales y contraestación. Naranja y mandarina también tienen eficiencias económicas altas ($\sim 1\text{ US}\$/\text{m}^3$). En España, con mercados más saturados, el margen por agua es menor, pero estos cítricos siguen siendo más rentables por m^3 que muchos otros cultivos tradicionales (superando a fruta de hueso, por ejemplo). Regionalmente, los cítricos prosperan en zonas mediterráneas templadas: en la costa levantina y andaluza sus necesidades hídricas son cubiertas parcialmente por lluvias y se riegan $\sim 5.000\text{--}6.000\text{ m}^3/\text{ha}$ ([Agricultura revista agropecuaria, ISSN: 0002-1334](#)), logrando buenas producciones con alta eficiencia. En climas más secos (interior de Murcia, norte chico de Chile) requieren todo por riego, pero igualmente producen mucho. **Conclusión:** Los cítricos tienen una *excelente productividad del agua y margen*, especialmente el limón en mercados de nicho, lo que explica su expansión reciente en zonas como Chile (capturando ventana de exportación).

Cereza: *Consumo moderado y altísimo valor por kg*. Necesita $\sim 4.000\text{--}5.000\text{ m}^3/\text{ha}$ (algo menos que otros frutales, favorecido por cosecha temprana y caída de hojas que reducen evapotranspiración en verano tardío). Eficiencia física $\sim 1.5\text{--}2\text{ kg}/\text{m}^3$, intermedia. Sin embargo, su precio de exportación eleva la eficiencia económica: es de los pocos cultivos que pueden rendir más de $1.5\text{ US}\$$ de ganancia por m^3 . Chile ha capitalizado esto exportando cerezas a China en contraestación; zonas semiáridas con embalses (Coquimbo) han incorporado cerezos a pesar de requerir frío invernal, justamente por su **alta rentabilidad hídrica** comparativa. En España, el cerezo (Ej: Jerte) se da en secano de montaña, usando poca agua adicional – aquí su eficiencia física puede ser menor (rendimientos bajos) pero el costo hídrico es casi nulo, así que el margen por m^3 es muy alto por construcción. En California, es cultivo menor; en el noroeste del Pacífico (clima húmedo) prácticamente no necesita riego, lo cual

implica un uso de agua muy eficiente, pero en contextos diferentes al semiárido. **En suma:** la cereza es un caso especial donde un consumo hídrico relativamente bajo combinado con un precio excepcional produce *altos retornos por gota*, haciendo viable su cultivo en valles semiáridos con enfriamiento adecuado.

Nogal: *Alto consumo y bajo rendimiento en peso.* Para buenas cosechas requiere ~7.000+ m³/ha (ideal >10.000 m³/ha si estuviera disponible). Eficiencia física pobre (~0.3–0.5 kg/m³) y, aunque la nuez tiene buen precio, **su margen por m³ es bajo** (~0.5 US\$). En Chile central ha crecido mucho el nogal, pero enfrenta el desafío hídrico: su expansión ocurrió en años húmedos; con las últimas sequías, algunos huertos han visto reducida su dotación, afectando fuertemente su productividad y dejando magros retornos por unidad de agua.

En California, el nogal compite con el almendro; pero el nogal tiene la ventaja de precios más estables (menor volatilidad) y algo más de producción por árbol. En California, esta mayor estabilidad se debe a diversos factores. Primero, el nogal cuenta con una demanda más diversificada a nivel internacional, abasteciendo de forma sostenida a mercados como Europa, China e India, en aplicaciones como snacks, panadería y repostería, lo que le entrega una base comercial más estable. Por el contrario, el almendro depende en mayor medida de mercados como el chino, siendo más vulnerable a variaciones arancelarias y conflictos geopolíticos. En segundo lugar, las nueces tienen una vida útil más larga en almacenamiento en frío, lo que permite a los exportadores y productores administrar mejor su inventario y evitar ventas forzadas a precios bajos. Esta característica contribuye a suavizar las fluctuaciones de precio a lo largo del año. Las almendras, en cambio, requieren una rotación más rápida del stock, lo que las expone más a caídas de precios ante sobreofertas puntuales.

Desde una perspectiva histórica, los precios del nogal entre 2017 y 2023 han oscilado entre US\$ 1.200 y 2.490 por tonelada, sin cambios tan drásticos como los observados en el caso del almendro, cuyos precios han alcanzado valores sobre los US\$ 3.500/ton y caídas abruptas en años de sobreoferta o restricciones comerciales. Además, el nogal ha mostrado una producción más estable en el tiempo, mientras que el almendro es más sensible a factores climáticos como las heladas primaverales, la sequía o el estrés hídrico, que afectan directamente los rendimientos y, por ende, los precios. En conjunto, estos elementos permiten sostener que el nogal, si bien enfrenta competencia con el almendro en California, goza de una ventaja en términos de estabilidad de precios, lo que puede ser un factor clave al momento de definir estrategias de inversión o reconversión de cultivos¹.

Aun así, cuando el agua es escasa, suele priorizarse sobre cultivos más rentables por m³. En España, el nogal es minoritario; se planta en zonas del norte o con riego abundante, por lo que su impacto en recursos hídricos mediterráneos es limitado. **Conclusión:** El nogal es **poco eficiente en uso de agua** y su margen por m³ es de los más bajos – sostenible solo donde el agua no es el factor limitante principal. Si la escasez hídrica se agrava, la superficie de nogal tenderá a contraerse en favor de especies más “productivas por gota”.

¹ Fuentes: USDA NASS (2023), California Walnut Board (2023), Almond Board of California (2023), Rabobank (2022).

Almendro: *Moderado consumo (cuando se riega) y muy bajo rendimiento en peso.* Tradicionalmente de secano, con riegos de 4.000–6.000 m³/ha puede alcanzar 1–2 ton/ha de pepita. Esto da <0,5 kg/m³, la más baja eficiencia física. En consecuencia, **el margen por m³ del almendro es bajo**, aunque ha mejorado con los altos precios de la almendra en años recientes. En Chile casi no había almendros en zonas semiáridas de riego (se concentraban en secano interior); hoy hay algunos proyectos con riego, pero compiten pobremente con otros frutales en retorno por agua. En California, el almendro se expandió por rentabilidad por hectárea, no por eficiencia hídrica; de hecho, ha sido señalado como cultivo poco sustentable en zonas áridas – 1 kg de almendra requiere ~4 m³ de agua ([Cultivo De La Almendra: De La Siembra A Una Cosecha Abundante](#)) – por lo que la presión pública y regulatoria está empujando a mejorar eso (nuevas variedades, mejores prácticas de riego). En España, nuevas plantaciones superintensivas con riego por goteo buscan maximizar kilos por gota, pero parten de un nivel bajo; su éxito dependerá de mantener precios premium (variedades como *Belona* o *Soleta* de alta calidad) y de optimizar costos. **En síntesis:** el almendro tiene **la menor productividad del agua** entre los analizados; su viabilidad en zonas semiáridas depende de que el agua siga relativamente accesible o de que los productores asuman márgenes bajos por m³ compensados con explotaciones grandes y mecanizadas.

Olivo: *Amplio rango de consumo y muy bajo valor por kg.* En régimen intensivo con riego completo (~5.000–6.000 m³/ha) produce 8–10 ton oliva/ha, que resultan en 1.5–2 ton aceite. Esto deja ingresos que apenas cubren los costos, dando prácticamente **cero ganancias por m³** en muchos casos. Por eso, **el olivo solo es competitivo en situaciones de restricción hídrica**, donde otros cultivos no prosperarían. En el sur de España, el olivar tradicional aprovecha la lluvia invernal y aporta riegos menores a 1.500 m³/ha en secanos mejorados ([Dime qué olivar eres y te diré qué riego necesitas - La Huerta Digital](#)); ahí cada m³ extra sí genera aceite adicional con costo marginal bajo – se estima que aplicar 1 m³/ha en momentos clave puede rendir varios kg más de aceituna, una respuesta productiva buena. Pero si se intentara regar intensivamente esos mismos olivares, el retorno decae. En Chile, el olivo se ha relegado a zonas con agua muy barata (p.ej. acuíferos costeros) o donde no compite con frutales más rentables. En California, apenas ocupa áreas limitadas (valle central) y a menudo con aguas salinas o marginales. **Conclusión:** el olivo es un cultivo *estratégico para zonas áridas* porque sobrevive con poca agua, pero **su margen económico por agua es el más bajo**; difícilmente puede pagar agua cara, así que queda fuera de valles con infraestructura de riego costosa. Su nicho seguirá siendo usar aguas residuales, salobres o escasas que otros cultivos no aprovecharían, más que el olivo compitiendo por grandes dotaciones de primera calidad.

Uva (de mesa): *Alto consumo y alto valor medio bajo.* Consume ~8.000 m³/ha en producción intensiva. La eficiencia física es buena (4–5 kg/m³), pero la económica se ve mermada por costos. En Chile, con altos costos laborales, se obtiene apenas ~0.4 US\$/m³ de margen neto; en Perú, donde costos son menores, ese margen es mayor. En España, la uva de mesa tiene un margen por m³ variable: puede ser rentable en cultivos tempranos de alta calidad (ej. uva de Vinalopó con valor añadido por bolsa), pero en muchos casos los costos (embolsado, mano de obra) reducen la utilidad. **Resumiendo, la uva de mesa:** es un cultivo *relativamente eficiente en uso de agua físicamente*, pero **su margen económico por m³ es medio-bajo**

debido a sus costos; seguirá siendo viable en zonas semiáridas con buen acceso a agua mientras los mercados de exportación lo soporten, pero compite en desventaja frente a frutales que entregan mayor ganancia por unidad de agua (como los cítricos).

En conjunto, el análisis comparativo muestra que **no todos los cultivos de alto consumo son “malos” en rentabilidad hídrica, ni los de bajo consumo garantizan alta eficiencia económica**. Por ejemplo, el limón y la mandarina, aun necesitando bastante agua, la convierten en producto valioso de forma muy efectiva – de ahí que regiones con agua limitada pero disponible los favorezcan. En cambio, el almendro u olivo pueden sobrevivir con poca agua, pero su producción e ingresos son proporcionalmente tan bajos que el agua que sí usan genera poco valor – en zonas con alternativas, esos cultivos quedan desplazados a segundos planos.

Conclusión: En zonas mediterráneas semiáridas, optimizar la productividad del agua es crítico. Los frutales analizados presentan **grandes contrastes**: cultivos como **cítricos, cerezo y palto destacan por su mayor retorno económico por m³**, lo que justifica su expansión en áreas con riego limitado, mientras que **nogales, almendros y olivos ofrecen menor rendimiento por agua**, siendo más viables solo bajo ciertas condiciones (mercados nicho, agua muy barata o terreno no apto para otros). **Chile** ha enfocado su matriz frutal hacia especies de alto valor por agua (cítricos, paltos, cerezas) en sus valles áridos con embalses, **España** mantiene un equilibrio entre cultivos tradicionales de secano (aceituna, almendra) y regadíos intensivos (cítricos) optimizando asignaciones según disponibilidad, y **California** está en un proceso de ajuste forzado eliminando hectáreas de cultivos menos eficientes en uso de agua para conservar aquellos que justifican el agua utilizada. Hacia el futuro, las tecnologías de riego de precisión, la selección de portainjertos más eficientes y quizás la valorización de los productos (p. ej. aceite de oliva premium) serán fundamentales para **mejorar la productividad hídrica** de todos estos cultivos y asegurar su sostenibilidad en ambientes mediterráneos cada vez más secos.

VI.- Comparación entre los resultados obtenidos del estudio y el benchmarking.

En el Capítulo IV de nuestro estudio se analizaron en detalle los consumos de agua, la productividad física y los márgenes económicos por metro cúbico (US\$/m³) de nueve frutales cultivados en la provincia de Coquimbo, mientras que el Capítulo 5.3.1 presentó una revisión bibliográfica internacional sobre la misma temática en regiones mediterráneas semiáridas de España, California e Israel. Al comparar ambos cuerpos de información, emergen tres grandes líneas de coincidencia y algunas áreas de oportunidad para la región de Coquimbo.

En primer lugar, los consumos de agua por hectárea de cítricos (limón, naranja, mandarina), palto, nogal, almendro, cerezo y olivo en Coquimbo se ubican dentro de los rangos reportados internacionalmente. Por ejemplo, los cítricos en Coquimbo demandan entre 6.000 y 9.000 m³/ha, en la misma banda que en Valencia o California; el palto oscila alrededor de 8.000 m³/ha, coincidiendo con los datos de Sudáfrica e Israel; y el almendro y el olivo manejados en riego intensivo utilizan de 3.000 a 6.000 m³/ha, tal como se documenta en el sur de España. Una excepción leve es el cerezo, que en Coquimbo consume algo más de agua que en secanos montañosos de España, pero sigue por debajo de las dotaciones de cítricos y paltos.

En términos de productividad física – kilos de fruta producidos por cada m³ de riego – Coquimbo también está alineado con las experiencias foráneas. Los cítricos logran entre 5 y 6 kg/m³, un nivel comparable al reportado en Valencia y California; la uva de mesa alcanza 3–4 kg/m³, parecido a los 4–5 kg/m³ de viñedos de California; y el palto, a pesar de rendir solo 1–1,2 kg/m³ en Coquimbo, mantiene cifras similares a regiones con déficits hídricos. Los frutos secos (nogal y almendro) y el olivo, en cambio, exhiben los valores más bajos (0,2–0,5 kg/m³), tal como ocurre cuando se aplican riegos limitados o en secanos mejorados en otras latitudes.

En cuanto a los márgenes económicos por m³ de agua, los cítricos y el cerezo se confirmaron como los cultivos más eficientes: el limón y la cereza rondan los 1,6–1,9 US\$/m³, muy parecidos a los 1,5–1,8 US\$/m³ registrados en estudios chilenos y europeos; las mandarinas y naranjas muestran entre 1,0 y 1,2 US\$/m³, en línea con los datos de España; y la uva de mesa, el palto, el nogal, el almendro y el olivo se sitúan por debajo de 0,8 US\$/m³, replicando el patrón global de menor rentabilidad hídrica para estos cultivos. Destaca en particular que el olivo, con márgenes próximos a cero, aparece en Coquimbo tan marginal como en el sur de España o California cuando el costo del agua es elevado.

De este análisis comparativo se concluye que Coquimbo está bien posicionado frente a regiones mediterráneas de referencia: sus rendimientos físicos y márgenes económicos por unidad de agua son similares, y únicamente se aprecian brechas moderadas en palto y frutos secos, donde los costos locales de riego y la escala de producción pueden penalizar ligeramente los resultados. Por ello, se recomienda ajustar las dotaciones de riego para cítricos y cerezo, explorar técnicas de riego de precisión y nuevos portainjertos en palto y uva de mesa, y reforzar prácticas de secano mejorado para almendro y olivo. Asimismo, la transferencia de tecnologías probadas en España y California —como sistemas de riego deficitario controlado



y análisis avanzado de suelos— permitirá cerrar esas brechas y optimizar la productividad hídrica de los frutales semiáridos de Coquimbo.

VII. Revisión bibliográfica

1. INIA – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. (2022). *Requerimientos hídricos del cultivo de palto en diferentes zonas de Chile* [Publicación técnica]. INIA Biblioteca Digital. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/ed6c1587-da54-4e32-97d8-5932431f5a37/content>
2. Redagícola. (2021). *Más uvas, menos paltos y una mayor optimización hídrica*. Redagícola. <https://redagricola.com/mas-uvas-menos-paltos-y-una-mayor-optimizacion-hidrica>
3. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). (2021). *Ficha técnica de costo de producción: Uva de mesa, Región de O’Higgins, temporada 2020–2021*. Ministerio de Agricultura de Chile. https://www.odepa.gob.cl/fichas_de_costo/fichas_pdf/uva_ohiggins_2020-21.pdf
4. Ministerio de Agricultura (MINAGRI). (2020). *Evaluación del recurso hídrico y eficiencia de uso en agricultura*. División de Recursos Naturales Renovables. <https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/39292>
5. Archivos internos. (2024). *Proyecciones económicas por especie: Almendro, Cerezo, Palto, Olivo, Naranja, Limón, Mandarina, Uva de mesa y Nogal* [Base de datos no publicada].
6. Ferguson, L., Stampely, M. C. W., et al. (2012). *Irrigación y manejo del agua en cítricos* (Serie 8549s) [Boletín técnico]. University of California Agriculture and Natural Resources. <https://anrcatalog.ucanr.edu/pdf/8549s.pdf>
7. Porter, D., Enciso, J., & Marek, T. (2017). *Impactos de la irrigación en cítricos: manejo del agua* (B-6205S) [Publicación educativa]. Texas A&M Agrilife Extension. <https://college.agrilife.org/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/B-6205S-Impacts-of-Irrigation-on-Citrus-Spanish-version.pdf>
8. González Andújar, P. (2012). *Aplicación de riego deficitario controlado en viñedos para mejorar calidad* (Memoria de máster, Universidad Politécnica de Madrid). https://oa.upm.es/20984/1/INVE_MEM_2012_130880.pdf
9. International Fresh Produce Association (IFPA). (2024). *Global Trade Report – Uvas 2024* [Informe técnico]. <https://www.freshproduce.com/siteassets/files/reports/global-trade/2024/grapesreport-2024-spanishuvas.pdf>
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). *Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security*. FAO Water Reports 38. <https://www.fao.org/3/i3015e/i3015e.pdf>
11. Australian Grape and Wine Authority (AGWA). (s.f.). *Sustainability metrics in Australian vineyards* [Informe institucional]. **(Fuente institucional no disponible en línea).**

12. Pereira, L. S., Oweis, T., & Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management*, 57(3), 175–206. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(02\)00075-6](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(02)00075-6)
13. Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>
14. Chartzoulakis, K., & Bertaki, M. (2015). Sustainable water management in agriculture under climate change. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>
15. Zwart, S. J., & Bastiaanssen, W. G. M. (2004). Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115–133. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.04.007>