

## Capítulo 4

# Zonificación oleícola en el secano costero de la provincia de Elqui

### **Francisco Tapia C.**

Ingeniero Agrónomo M.Sc.  
fatapiac@inia.cl

### **Pedro Hernández P.**

Ingeniero Agrónomo, MBA

### **Francisco Meza A.**

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

### **Yonathan Redel H.**

Ingeniero Agrónomo, Dr.

## Introducción

La provincia de Elqui presenta una vasta superficie con suelos potencialmente agrícolas, capaces de sustentar una amplia gama de cultivos agrícolas, lo cual es definido además de las características edáficas, por las climáticas y disponibilidad de recursos hídricos.

La condición semi árida a árida que presenta esta zona, se divide en dos, correspondiendo una a aquella que se surte de agua de riego desde el cauce del río Elqui, con disponibilidad de agua permanente y una seguridad de riego superior al 85% de excedencia, contrastada con áreas intervalles, cuyas únicas fuentes de agua proviene de pozos someros o de vertientes que afloran en recónditas quebradas, con caudales limitados y que se ven fuertemente afectados por los ciclos de sequía.

En la zona occidente de la provincia de Elqui, en la franja situada entre la costa y 30 kilómetros hacia el oriente, por siglos han existido pequeños huertos de olivos con variedades diversas, cuya producción ha sido destinada a la elaboración de aceitunas de mesa. Estos antiquísimos núcleos productivos han soportado severos ciclos de sequía, siendo prácticamente la única especie frutícola que es capaz de soportar estas condiciones y revivir en períodos de abundancia de agua, relacionados con años lluviosos.

La productividad de estos árboles es baja, debido al deficiente manejo agronómico que se la ha dado y la elaboración de aceitunas de mesa cada vez es de menor cuantía, debido a lo trabajoso que es la elaboración de aceitunas de mesa, quedando muchas veces el fruto colgado en el árbol hasta que caen por la deshidratación del mismo. Esta situación es una causante de alternancia productiva (añerismo), que junto a la escasa transformación de la oliva y hace de este rubro un negocio de escaso valor económico.

Mediante la transformación de la materia prima (olivos), hacia una producción de aceite de oliva, donde el fruto es cosechado tempranamente, permite mitigar la alternancia productiva y con la extracción del aceite se pone en valor un producto apetecido en el mercado nacional, más aun caracterizando sus componentes intrínsecos como la presencia de antioxidantes y la palatabilidad, permitirá darle alto valor funcional y de sabor, diferenciándolo de las producciones industriales, como consecuencia de las condiciones de estrés existente en huertos de pequeños agricultores.

El presente capítulo, permitirá definir áreas productivas de aceite de oliva homogéneas y describir las condiciones agroecológicas de los huertos pertenecientes a pequeños agricultores de las comunas de La Higuera, La Serena, Coquimbo y Andacollo.

## **Caracterización agroecológica del sector olivícola de secano de la provincia de Elqui**

La caracterización agroecológica del área consistió en la descripción, desde donde se tomaron muestras de suelo compuesta del perfil descrito, siendo enviadas a laboratorios especializados de INIA para la determinación de constantes físicas y elementos químicos (fertilidad y salinidad); paralelamente, se tomaron muestras de agua de riego definiéndose conductividad eléctrica (C.E.w), sólidos disueltos y pH. Durante el verano, se tomaron muestras foliares de hojas de 6 meses de edad, enviadas a laboratorios de INIA, determinando el estado nutricional completo. Durante la temporada de molienda, se tomaron muestras de aceite de oliva provenientes de los huertos antes definidos para el estudio territorial, las que fueron divididas, enviando a una de estas a laboratorios especializados en aceite de oliva de INIA, definiendo parámetros de calidad y contenido de

Polifenoles totales y la segunda muestra fue sometida a análisis sensorial por un panel de expertos formados e integrados por profesionales especialistas en elaiotecnia y productores de aceite de oliva, determinando sus características sensoriales aromáticas y gustativas, estableciéndose escalas normadas por el Consejo Oleícola Internacional (COI).

Junto a ello se realizó una caracterización agroclimática, determinando los principales registros meteorológicos para cada una de las localidades en estudio, información obtenida de Mapas Agroclimático de Chile, Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile y de la Red Agrometeorológica Nacional.

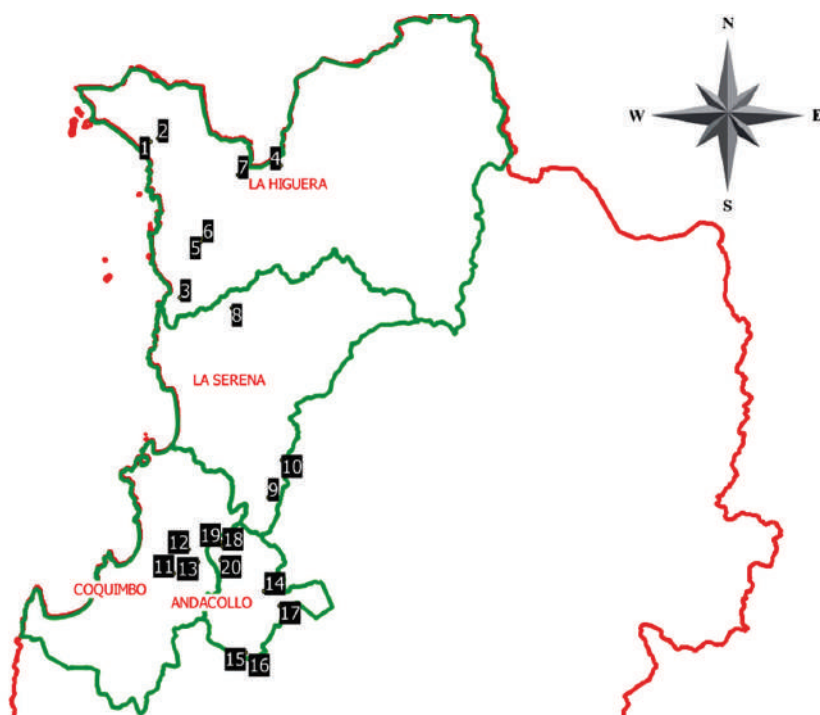
En el **Cuadro 4.1**, se identifica cada uno de los sitios en que se realizó la caracterización agroecológica de la producción de aceite de oliva de calidad Extra Virgen.

**Cuadro 4.1.** Número de huertos evaluados, nombre del agricultor, localidad y comuna de sitios caracterizados en función de la producción olivícola de pequeños olivicultores de la zona occidente de la provincia de Elqui.

<b>Nº de huertos</b>	<b>Productor</b>	<b>Comuna</b>	<b>Localidad</b>
1	Manuel Campusano	La Higuera	Los Choros 1
2	Glenda Santibáñez	La Higuera	Los Choros 2
3	Claudio Villalobos	La Higuera	Caleta Hornos
4	Víctor Pasten	La Higuera	Punta Colorada
5	Nancy Lobos	La Higuera	La Higuera 1
6	Teresa Urrutia	La Higuera	La Higuera 2
7	Hugo Herrera	La Higuera	El Trapiche
8	Jorge Gómez	La Serena	El Chacay
9	Ismelda Figueroa	La Serena	Quebrada de Talca
10	Mariana Lazcano	La Serena	Cutún
11	Nora Barrios	Coquimbo	Las Barrancas
12	Estela Marín	Coquimbo	Quitallaco
13	Amable Avalos	Coquimbo	Tambillos
14	Galvarino Valdivia	Andacollo	Andacollo
15	Javier Rivera	Andacollo	La Chupalla 1
16	Lorenzo Ormeño	Andacollo	La Chupalla 2
17	Tomas Núñez	Andacollo	La Jarilla
18	Olga Pizarro	Andacollo	El Manzano 1
19	Ramón Lizardi	Andacollo	El Manzano 2
20	Hugo Carmona	Andacollo	La Cortadera

La mayor área productiva se presenta en la comuna de La Higuera, donde la disponibilidad de agua existente permite el desarrollo de un mayor número de huertos de olivos, donde se han definido 7 predios para su caracterización. Las comunas de La Serena y Coquimbo, los productores se encuentran más concentrados. La comuna de Andacollo, posee un menor número de agricultores, los que sin embargo, se encuentran distribuidos en varios centros productivos, abarcando diferentes zonas geográficas y agroecológicas, lo que indica la obtención de antecedentes de cada una de estas zonas.

La distribución territorial abarca situaciones de influencia marina como Los Choros, zona baja del valle de Elqui; zonas intermedias de no más de 300 metros sobre el nivel del mar, distantes a 30 km desde la costa hacia el interior y zonas de influencia continental, con alturas de entre 600 y 1.200 metros sobre el nivel del mar. En la **Figura 4.1**, se presenta la distribución geográfica en que se ubican las diferentes localidades donde se realizó la caracterización agroecológica para la producción de aceite de oliva en el sector occidental de la provincia de Elqui.

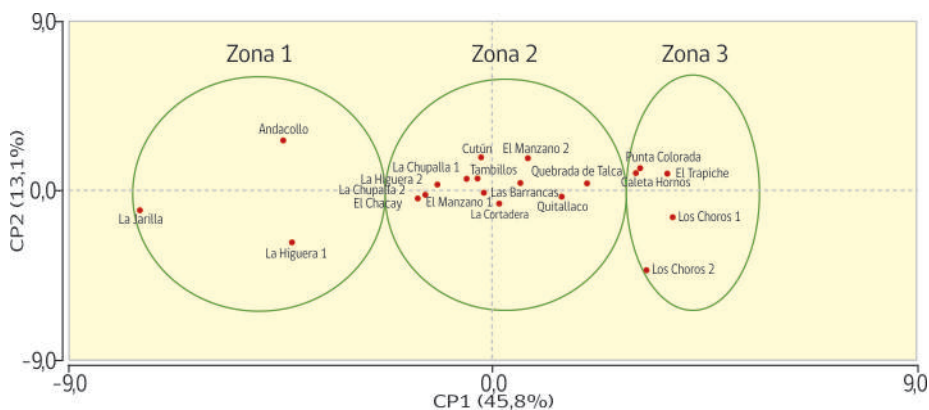


**Figura 4.1.** Localización geográfica de 20 localidades productivas de olivos de pequeños olivicultores del sector occidente de la provincia de Elqui.

# Determinación de zonas productivas oleícolas homogéneas

Con los antecedentes recopilados de los diferentes análisis realizados en cada una de las muestras recogidas en los 20 huertos estudiados, se realizó un análisis estadístico multivariado, donde las variables dependientes de suelo, clima, agua, componentes químicos y sensoriales del aceite, permitió agrupar por zona, a las diferentes localidades que presentaron características similares.

Al someter los resultados obtenidos en campo, el análisis multivariado que agrupó las 19 variables en estudio en dos componentes principales (CP1 y CP2), determinó 3 sectores homogéneos, donde cada uno de ellos se caracteriza por tener un tipo de aceite, diferenciado principalmente por componentes aromáticos y de gusto. En la **Figura 4.2**, se presenta la determinación de las 3 zonas productivas de aceite de oliva.



**Figura 4.2.** Análisis de componentes principales y distribución de las 20 localidades productoras de aceite de oliva, agrupadas por características agroecológicas y productivas similares.

La determinación de las tres zonas encontradas, se basan en las características físicas de suelo, tales como sus clases texturales de arena, limo y arcilla; su densidad aparente y real. En relación a los elementos nutricionales del suelo, los elementos de nitrógeno y fósforo junto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC), que representa la fertilidad del suelo, ha permitido diferenciar tres tipos de suelos relativamente homogéneo que junto a la condición atmosférica de humedad relativa del aire en un período determinado, tienen un efecto sobre el comportamiento del cultivo del olivo.

La adaptación del olivo a estas tres zonas, se verifica por el contenido de nutrientes en tejidos foliares y características de los aceites, presentando diferencias por los niveles de potasio, magnesio y cobre foliar. A su vez, las características de los aceites, se diferencian por sensaciones aromáticas y algunas sensaciones gustativas.

El análisis de estos elementos registrados en suelos, agua de riego, atmósfera y desarrollo del cultivo, permiten diferenciar zonas en función de la diferencia detectada en los aceites de oliva obtenidos de la producción de oliva de las 20 localidades geográficas representativas de las principales áreas productoras de olivas existentes en el secano de la provincia de Elqui.

## Caracterización agro oleícola de territorios

Las caracterizaciones agroecológicas y productivas realizadas, enfocadas a la diferenciación de aceites de oliva de cada localidad, permite encontrar similitudes y o diferencias entre las 20 localidades estudiadas, agrupándose en tres territorios productivos homogéneos, donde es posible detectar la influencia de microclimas costeros respecto de sectores del interior, teniendo fuerte injerencia de la humedad ambiental, características químicas y físicas de suelos y la calidad del agua de riego, lo que representa diferentes comportamientos del cultivo del olivo traduciendo en aceites de oliva de características diferenciadas. En el **Cuadro 4.2**, se presentan las zonas, definidas como territorios asociados a localidades productivas de aceite de oliva encontrados.

Dado que el cultivo del olivo proviene de zona más bien áridas, la nomenclatura de los tres territorios se asociará a condiciones de baja humedad ambiental, definiéndose como Territorio Interior (1), Territorio Centro (2) y Territorio Costa (3).

Los tres territorios oleícolas definidos, presentan dos situaciones extremas definidas por su cercanía o de influencia marina dominante, siendo el Territorio Costa, el que agrupa localidades de mayor humedad ambiental y abundante presencia de nubosidad durante el año, contrastando con el Territorio Interior, que agrupa localidades de mayor radiación solar y ambientes más áridos, como lo son las localidades de La Higuera, Andacollo y sectores interiores en posición de mayor altitud (La Jarilla).

**Cuadro 4.2.** Localidades agrupadas en territorios en función de diferencias de las características de aceites de oliva encontradas.

<b>Territorio</b>	<b>Localidad</b>	<b>Comuna</b>
1 (Interior)	La Higuera 1	La Higuera
	Andacollo	Andacollo
	La Chupalla 1	Andacollo
	La Chupalla 2	Andacollo
	La Jarilla	Andacollo
2 (Medio)	Cutún	La Serena
	La Higuera 2	La Higuera
	El Chacay	La Serena
	Tambillos	Coquimbo
	Quebrada de Talca	La Serena
	Las Barrancas	Coquimbo
	Quitallaco	Coquimbo
	El Manzano 1	Andacollo
	El Manzano 2	Andacollo
La Cortadera	Andacollo	
3 (Costa)	Los Choros 1	La Higuera
	Los Choros 2	La Higuera
	Caleta Hornos	La Higuera
	Punta Colorada	La Higuera
	El Trapiche	La Higuera

El Territorio Intermedio, corresponde a una situación intermedia entre ambas zonas, que además corresponde topográficamente a situaciones geográficas de alturas de entre 150 a 400 metros sobre el nivel del mar y microclimas definido por el encajonamiento de valles y quebradas.

Las tres zonas definidas presentan características que permiten diferenciarlas por aspectos relevantes de suelos, altitud, climatología y comportamiento del cultivo. En los **Cuadros 4.3** y **4.4** se indican las diferencias agroecológicas significativas encontradas en cada uno de estos territorios definidos, analizadas estadísticamente mediante análisis de varianza.

**Cuadro 4.3.** Características diferenciadoras medias de suelo y agroclimáticas encontradas en 3 territorios de producción de aceite de oliva de la zona de estudio.

Análisis	Territorios		
	Interior	Centro	Costa
Propiedades físicas y químicas del suelo:			
pH	7,89	7,85	8,03
C. E. (dS/m)	3,84	4,42	4,35
Densidad aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	1,33 c	1,52 b	1,63 a
Densidad Real (gr/cm <sup>3</sup> )	2,45 b	2,54 b	2,68 a
Arena (%)	53,86 b	61,92 b	85,95 a
Limo (%)	25,70 a	23,92 a	12,65 b
Arcilla (%)	20,44 a	14,17 b	1,40 c
Nitrógeno disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	5,00 ab	8,33 a	3,50 b
Fósforo total (mg kg <sup>-1</sup> )	45,54 a	40,33 b	39,18 b
Fósforo disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	47,63	40,0	16,33
Potasio disponible (mg kg <sup>-1</sup> )	384,4	411,3	132,7
CIC (meq gr/100 g <sup>-1</sup> )	20,92 a	13,89 b	16,18 ab
Altitud (m.s.n.m)	660,5 a	265 b	228 b
Características del agua de riego:			
pHw	7,51	7,46	7,38
C. E. w (dS/m)	1,47	1,29	1,83
Nitratos meq l <sup>-1</sup>	15,38	6,0	8,0
Características agroclimáticas			
Temperatura media anual (°C)	18,49	18,42	17,58
Humedad relativa octubre-marzo (%)	63,75 b	65,33 ab	67,33 a
ETo diciembre-febrero (mm)	415,0	410,8	421,6

Análisis de varianza y comparación de medias Duncan ( $p>0,05$ ). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre territorios.

La densidad aparente y el contenido de arcilla, son elementos significativamente diferentes en los tres territorios definidos. En relación a las condiciones agroclimáticas, que es un factor más global dentro de la zona de estudio, se aprecian diferencias en dos territorios que además son topográficamente diferentes, encontrándose mayores contenidos de humedad relativa del aire en la medida que existe cercanías al océano pacífico.

Los elementos nutricionales presentados en el **Cuadro 4.4**, corresponden a los principales nutrientes requeridos por el cultivo y que se encuentran naturalmente



**Cuadro 4.4.** Niveles medios de nutrientes foliares encontrados en 3 territorios de producción de aceite de oliva de la zona de estudio.

Mediciones	Territorios		
	Interior	Centro	Costa
Nitrógeno %	1,49	1,34	1,26
Fósforo %	0,1	0,1	0,11
Potasio %	1,06 ab	0,97 b	1,19 a
Calcio %	1,08	1,13	0,89
Magnesio %	0,15 a	0,12 ab	0,11 b
Zinc mg kg <sup>-1</sup>	13,75	12,50	11,50
Manganeso mg kg <sup>-1</sup>	28,25	27,17	20,17
Cobre mg kg <sup>-1</sup>	7,63 a	5,67 ab	4,67 b
Boro mg kg <sup>-1</sup>	10,75	6,00	9,83

Análisis de varianza y comparación de medias Duncan ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre territorios.

en los suelos cultivados de cada localidad estudiada. Resalta las diferencias territoriales que presenta el potasio, cuya presencia en los tejidos del olivo se relaciona con una mayor tolerancia a condiciones de sequía. Los contenidos de Magnesio y Cobre van disminuyendo desde el territorio interior hacia el costero. Por su parte, si bien los contenidos de Boro foliar son similares para los tres territorios, éstos se encuentran en niveles deficitarios, lo cual sin duda es una de las causas de bajas producciones.

La caracterización de cada territorio dice relación con sus componentes de suelo, principalmente la física, algunos elementos de fertilidad y salinidad de suelos que indican diferencias significativas, así como también en las condiciones meteorológicas, como humedad relativa del aire.

El comportamiento diferenciado del cultivo, dice relación en los elementos nutricionales especialmente entre territorios extremos en sus elementos K, Mg y Cu.

El resultado de la producción de aceite de oliva de calidad extra virgen, obedece al proceso de producción primaria, cosecha, extracción y conservación de aceite, produciéndose diferencias en cuanto a sus características sensoriales principalmente. En relación al contenido de elementos antioxidantes (**Cuadro 4.5**), los tres territorios presentan características particulares que permiten niveles medios a altos de contenidos de polifenoles totales, denominación que agrupa los principales

**Cuadro 4.5.** Niveles medios de polifenoles y análisis sensoriales de aceites de oliva elaborados en los territorios definidos en la zona de estudio.

Mediciones	Territorios		
	Interior	Centro	Costa
Polifenoles totales mg/kg	362,86	352,29	261,55
Aroma frutado <sup>1/</sup>	4,63 b	5,56 ab	6,07 a
Aroma a frutas varias <sup>1/</sup>	1,48 b	2,08 a	2,07 a
Aroma a otras sensaciones/	1,38 b	1,52 ab	1,83 a
Gusto armónico <sup>2/</sup>	13,88	15,14	16,03
Gusto amargo <sup>1/</sup>	2,08	2,43	1,83
Gusto a otros frutos y vegetales <sup>1/</sup>	1,43 b	1,73 ab	1,90 a

Análisis de varianza y comparación de medias Duncan ( $p < 0,05$ ). Letras diferentes denotan diferencias significativas entre territorios.

<sup>1/</sup> Escala 0 a 10 de menor a mayor intensidad. <sup>2/</sup> Sumatoria de sensaciones gustativas.

elementos antioxidantes del aceite de oliva y se ven potenciado por las condiciones extremas que presenta la zona de cultivo, particularmente de aridez.

**Territorio Interior (1):** Corresponde a un área situada al oriente del área olivícola típica del norte de Chile, emplazada sobre los 660 metros sobre el nivel del mar, caracterizado por áreas de cultivo situadas en laderas de cerros y terrazas (**Figura 4.3**) de escaso desarrollo, predominando suelos que proporcionalmente presentan mayor contenido de arcillas (20%) que los otros dos territorios, baja densidad aparente, correspondiente a suelos de mayor fertilidad entre los tres. Ambientalmente presenta una menor humedad relativa del aire (63,8%), temperaturas más extremas, sin embargo, las medias anuales alcanzan los 18,5°C y la demanda atmosférica (ET<sub>o</sub>) es de 415,8 mm en el



**Figura 4.3.** Huerto de olivos en posición de ladera de pendiente media de 2 a 5%, característico del Territorio Interior, localidad La Jarilla (Andacollo).

período de desarrollo de fruta. El cultivo presenta altos niveles comparativos de cobre y boro a nivel de tejido foliar, la que favorece la cuaja y madurez del fruto.

El aceite de oliva que se produce en este territorio se caracteriza por presentar características sensoriales aromáticos medias a suaves, predominando frutados maduros, de gusto amargo, lo que caracteriza su alto contenido de antioxidantes naturales.

**Territorio Centro (2):** Se define como tal a un área de transición entre microclimas de tipo marino y desértico interior, topográficamente corresponde a terrazas aluviales y laderas de pendientes inferiores a 10% (**Figura 4.4**), encajonadas por cerros y pequeñas montañas. Sus suelos predominantes son arenosos y la presencia de arcillas llega a 15% en promedio y la fertilidad de suelo definida por la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de 13,89 meq gr/100 g<sup>-1</sup>. Las condiciones agroclimáticas corresponden a una temperatura media anual de 18,4°C con una humedad relativa del aire de 65,3% y evapotranspiración potencial de 410,8 mm, ambos para el período de desarrollo del fruto.



**Figura 4.4.** Paisaje característico del Territorio Medio, micro cuenca Estero El Culebrón y Lagunillas, Localidades de Quitallaco, fondo derecha Tambillos, El Manzano e izquierda Las Barrancas.

Los niveles nutricionales en hojas de olivo son similares a las registradas en los otros territorios a excepción del cobre y boro, los que son inferiores al Territorio Interior.

En relación a las características funcionales y sensoriales del aceite de oliva, corresponden al igual que los otros territorios estudiados a calidad extra virgen, con contenidos de polifenoles totales similar ambos, sin embargo, el amargor relacionado con el contenido de polifenoles es superior al presentado en el Territorio Costa e igual al Interior. Presenta aromas a frutas más bien maduras, diferenciándose del anterior que además, presenta leve frutado a frutos maduros del bosque.

**Territorio Costa (3):** Situada en las proximidades de la costa, con influencia de clima marino evidente, de abundante nubosidad y temperaturas con baja amplitud térmica. Topográficamente predominan terrazas marinas, aluviales y de conos de deyección de iluviación antiguos. Su influencia se desarrolla hasta los 35 km hacia el interior, hasta una altura de 150 metros sobre el nivel del mar. Sus suelos se caracterizan por tener una textura dominante arenosa, con 1,4% de presencia de arcillas, densidad aparente de 1,63 gr/cm<sup>3</sup>, una de las más densas de los territorios estudiados y una fertilidad media definida por la CIC de 16,18 meq gr/100 g<sup>-1</sup>. En la **Figura 4.5**, se aprecian suelos en posición de tarrazas, tipo de cultivo y deficiencia nutricional de nitrógeno, característica de del Territorio Costa.



**Figura 4.5.** Cultivo característico del Territorio Costa, árboles de formación baja con sintomatología de deficiencia de nitrógeno (hojas verdes amarillentas), cultivados en suelos en posición de terrazas de textura gruesa.

Agroclimáticamente presenta la mayor humedad relativa del aire alcanzando a 67,3% como promedio anual. La temperatura media registrada en el período de desarrollo de frutos es de 17,6°C y una ETo en igual período de 421,7 mm.

La nutrición del olivo presenta diferencias en el contenido de potasio en tejido foliar con 1,19%, siendo el mayor registrado en los tres territorios y los niveles de magnesio, cobre y boro son similares a lo encontrado en el Territorio Centro.

La diferenciación de los contenidos químicos y sensoriales de los aceites de este territorio, comparativamente presentan menor contenido de polifenoles totales, sin embargo, su amargor es similar al registrado en el Territorio Interior, logrando un gran equilibrio entre amargor y frutado verde y fresco.

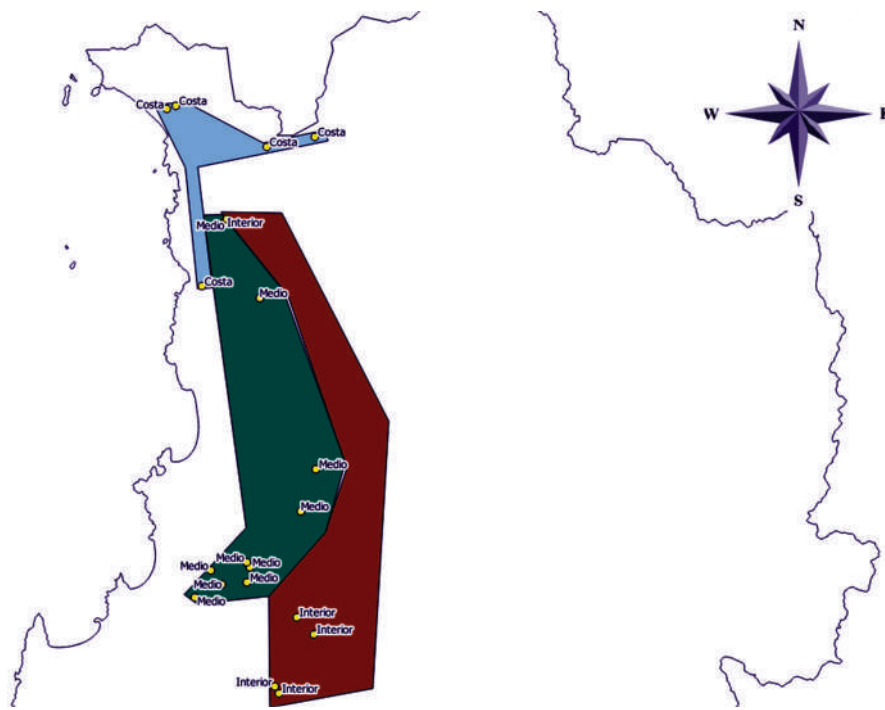
Geográficamente, los territorios se encuentran relacionados con la cercanía de la costa, un segundo territorio localizado en la interface entre la influencia marina y continental, ubicada principalmente a una altitud intermedia y acceso directo a vientos húmedos provenientes del océano, conectado con zonas interiores a través de microcuencas o quebradas, por donde se hace notar aires secos y cálidos en ciertos períodos del año.

El tercer territorio, corresponde a un área que topográficamente se encuentra separada de las zonas bajas por la presencia de cordones montañosos, lo que los independiza de la influencia marina, principalmente son de áreas de mayor altitud y encajonadas por las serranías que caracterizan a la región de Coquimbo.

La existencia de diferentes polos productivos de olivos, ubicado en zonas áridas, donde el agua es escasa y la radiación solar es intensa durante gran parte del año, genera un efecto sobre el desarrollo del olivo y su producción de aceite de oliva, lo que indudablemente solo por recibir menos agua de riego de la que necesita, genera una diferencia del producto final con respecto de aquellos provenientes de zonas de regadío.

La gran capacidad de adaptación a condiciones agroclimáticas que presenta el olivo, puede ser una de las últimas especies arbustivas agroindustriales que enfrentan el avance del desierto, con una producción de un producto de alto valor alimenticio y de componentes funcionales, que se incrementa en la medida que las condiciones ambientales en que es cultivado se hacen más extremas.

En la **Figura 4.6**, se presenta esquemáticamente la localización geográfica de los tres territorios definidos, que si bien es cierto se ubican en una superficie de no más de 5.000 km<sup>2</sup>, en su interior presentan áreas con microclimas diferentes, que se reflejan en las características del aceite de oliva.



**Figura 4.6.** Localización esquemática de los tres territorios oleícolas definidos en el seco costero de la provincia de Elqui.