

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE DIFERENTES ÁREAS
GEOGRÁFICAS DEL VALLE DE CASABLANCA DURANTE LA
TEMPORADA 2007-2008**

CAROLINA PAZ ROJAS GUERRERO

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

Memoria de Título

**CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE DIFERENTES ÁREAS
GEOGRÁFICAS DEL VALLE DE CASABLANCA DURANTE LA
TEMPORADA 2007-2008**

**CLIMATIC CHARACTERIZATION OF DIFFERENT
GEOGRAPHICAL AREAS OF THE CASABLANCA VALLEY
DURING SEASON 2007-2008**

CAROLINA PAZ ROJAS GUERRERO

Santiago, Chile
2010

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE PREGRADO

**CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE DIFERENTES ÁREAS
GEOGRÁFICAS DEL VALLE DE CASABLANCA DURANTE LA
TEMPORADA 2007-2008**

Memoria para optar al título profesional de:

Ingeniero Agrónomo

Mención: Enología

CAROLINA PAZ ROJAS GUERRERO

Profesor Guía:	Calificaciones
Alvaro Peña N. Ingeniero Agrónomo, Enólogo, Dr.	6,6
Profesores Evaluadores:	
Elias Obreque S. Ingeniero Agrónomo, Enólogo, Dr.	6,5
Jaime Montealegre A. Ingeniero Agrónomo.	6,8
Colaborador:	
Carlo Montes Ingeniero Agrónomo, M.Sc.	

Santiago, Chile
2010

*A mi amada familia Victoria, Sergio, Cote, Dominga y a mi amado esposo
Alvarito.....*

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a través de estas líneas al profesor Álvaro Peña Neira, por su ayuda como guía en muchos ámbitos no solo en lo profesional, valoro enormemente su experiencia, conocimientos, disposición y entrega en mi formación profesional.

Además quiero expresar mi admiración, amistad y mucha gratitud a quien hizo posible muchas cosas en este trabajo, Carlo Montes, gracias por tu apoyo y preocupación siempre.

Mis agradecimientos a la Asociación de Empresarios Vitivinícolas del Valle de Casablanca, a su gerente, Gonzalo Arellano, por facilitar los datos climáticos de la red meteorológica privada del Valle de Casablanca para este estudio.

Y finalmente quiero agradecer a mi madre Victoria Guerrero por todo su esfuerzo por otorgarme la posibilidad de tener la mejor educación que pude recibir.

ÍNDICE

RESUMEN	1
Palabras claves	1
ABSTRACT	2
keywords	2
INTRODUCCION	3
Objetivo general	5
MATERIALES Y METODO	6
Lugar de Estudio	6
Materiales	6
Método	8
Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geovitícola	8
Clima vitícola	8
Grupo climático	8
Índice Heliotérmico (IH)	9
Índice de Frío nocturno (IF)	11
Índice de Sequia (IS)	12
Análisis estadístico	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Variabilidad Climática del Valle de Casablanca	16
Relación entre índices	17
Análisis de resultados	17
Relación entre los índices CCM y la situación geográfica	21
Climas vitícolas y grupos climáticos del Valle de Casablanca	23
Descripción de los Grupos Climáticos	30
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	36

RESUMEN

Caracterizar climáticamente una determinada región vitivinícola es el punto de partida para delimitar zonas con diversas aptitudes y limitaciones para el cultivo de diferentes variedades de vid. La importancia del Valle de Casablanca en cuanto a la producción de vinos blancos finos y la escasa información climática generada para esta zona motivó la realización de este estudio. Los datos climáticos obtenidos durante la temporada 2007 - 2008 provenientes de 12 estaciones meteorológicas distribuidas en el valle fueron utilizados para calcular índices bioclimáticos y realizar una caracterización climática a una escala del tipo mesoclima. Se utilizaron tres índices bioclimáticos vitícolas sintéticos y complementarios, pertenecientes al Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geovitícola. Estos índices consideran las condiciones térmicas diurnas durante el período fotosintéticamente activo de la vid (Índice Heliotérmico de Huglin-IH), la disponibilidad hídrica del suelo (Índice de Sequía-IS) y las temperaturas nocturnas durante el período previo a la cosecha de las bayas (Índice de Frío Nocturno-IF). Los índices bioclimáticos se analizaron de manera integrada utilizando estadística multivariante para obtener una clasificación de distintos grupos climáticos homogéneos, evaluar la homogeneidad de la agrupación y determinar los factores climáticos con mayor influencia en la diferenciación del clima de las distintas zonas del área en estudio.

Según la agrupación existen 3 grupos climáticos que presentan diferencias principalmente en el potencial heliotérmico (IH). En el caso de IF la totalidad de las estaciones meteorológicas analizadas presenta la condición de presencia de noches Muy Frías en el período de maduración de la vid, mientras que en el caso de IS se evidencia una acotada variabilidad, presentando áreas con condición de Sequía moderada y áreas con condición de Sequía Muy Fuerte.

Palabras Clave: Índices bioclimáticos, clima vitícola, grupos climáticos.

ABSTRACT

Characterize climatically a wine region is the starting point for delineating zones with different capabilities and limitations for the growing of different varieties of grapes. The importance of the Casablanca Valley in the production of fine white wines and the lack of climate information in this area prompted to carry out this study. The climate data for the 2007 -2008 season from 12 meteorological stations distributed in the valley were used to calculate bioclimatic indexes and to climatic characterize the area at a mesoclimate scale. Three synthetic and complementary bioclimatic indices were used, belonging to the Multicriteria System for Climatic Classification (CCM). These indices consider daytime thermal conditions photosynthetically active period of the vine (Heliothermic of Huglin-IH Index), Soil Water Availability Index (Drought-IS) and night temperatures during the period prior to harvest grapes (Cold Night-IF Index). The bioclimatic indices were analyzed in an integrated manner using multivariate statistics to obtain a climatic classification of homogeneous climatic groups, evaluate the homogeneity of the groups and identify climatic factors with greater influence on differentiation of the different climate zones of the area under study. According to the results there are 3 groups that present differences mainly in the heliothermic potential (IH). For the IF, all meteorological stations show the presence of very cold nights during ripening of the grapes, while in the case of SI evidence of a bounded variation is identified, showing areas with moderate drought conditions and areas with strong drought conditions.

Keywords: Bioclimatic indices, climate vineyard, climatic groups.

INTRODUCCIÓN

Se entiende por clima como el estado medio de la atmósfera de un lugar determinado; y corresponde a una variable que afecta, modela y condiciona los procesos biológicos, físicos y químicos que suceden en la naturaleza (Hufty, 1984).

La vid es una planta que tiene una muy buena adaptación a diferentes condiciones climáticas (Ribereau-Gayon, 1982). La diversidad climática en las regiones vitivinícolas es gran parte responsable de la diversidad encontrada en términos de productos vitícolas, y de la calidad y tipicidad de los vinos (Tonietto y Carbonneau, 1999). Por esta razón, la variable climática se convierte en una condicionante en la planificación de las actividades humanas, sobre todo si se habla de productos estrechamente ligados a una determinada región vitivinícola (Morlat *et al.*, 1984).

La delimitación climática de una determinada región vitivinícola, es el punto de partida para la identificación de “terroir” vitícolas, los que revisten interés tanto desde el punto de vista del conocimiento de la respuesta de la planta a las condiciones del medio, como para su explotación comercial (Deloire *et al.*, 2003).

La caracterización climática vitivinícola tiene por objeto subdividir áreas con similares potencialidades y limitaciones para el cultivo de la vid (Montes, 2006), además de ser el paso previo para realizar estudios más complejos como la zonificación climática, concepto ampliamente utilizado en la vitivinicultura. Con esto es posible determinar las potencialidades vitícolas de una región en función del clima o delimitar los diferentes “terroir” de una región en particular, tomando en cuenta otros factores aparte del clima, como la topografía y el suelo, entre otros (Müller, 2001).

Las investigaciones realizadas sobre la influencia del clima en la vitivinicultura han permitido elaborar índices bioclimáticos basados en los factores naturales que influyen en la implantación de un viñedo y son herramientas para describir y delimitar zonas climáticas (Fregoni y Gatti, 2007). La utilización de estos índices capaces de diferenciar, describir y delimitar zonas vitícolas han sido adoptados por los países productores tradicionales tales como España, Francia y Estados Unidos (Ferrer *et al.*, 2007) por lo que se plantean como una herramienta útil en el resto de los países productores de vino.

En el estudio de una determinada zona vitivinícola, es posible utilizar índices bioclimáticos disponibles de manera individual, con el fin de caracterizar climáticamente un sector en particular. Con este dato se puede realizar una clasificación climática del tipo monocriterio, que está relacionada al contexto climático de una región respectiva. También es posible utilizar en una caracterización climática dos o tres

índices climáticos vitícolas en forma simultánea, los que otorgan al estudio un carácter de clasificación climática multicriterio (Tonietto, 1999); esto corresponde a un sistema de clasificación climática, que se basa en la integración de índices climáticos que aportan mayor información al estudio de una zona vitivinícola.

Una de las metodologías utilizadas ampliamente en los estudios de vitivinicultura a nivel mundial, es el Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geovitícola propuestos por Tonietto y Carbonneau (2004). En este sistema, la caracterización del clima vitícola, validado a escala mundial, se realiza con la integración de tres índices combinados, complementarios entre sí. Los índices seleccionados para este sistema de clasificación corresponden al Índice Heliotérmico (IH), Índice de Frío Nocturno (IF) y el Índice de Sequía (IS). La utilización de estos tres índices bioclimáticos permite generar información complementaria, y han sido creados en función de las exigencias de las variedades, la característica de la uva (azúcar, acidez, color, aroma) y la tipicidad de los vinos. Este sistema establece el clima vitícola de una región, clasifica y agrupa cada región, permitiendo la identificación de climas análogos.

El valle de Casablanca corresponde a un valle prelitoral, ubicado en la planicie costera de la región de Valparaíso, a 18 kilómetros en línea recta del mar y rodeado por la Cordillera de la Costa; se abastece de agua proveniente del estero Las Cruces y los embalses La Vinilla y Perales (Asociación de Empresarios Vitivinícolas del Valle de Casablanca, 2007). Se encuentra inserto dentro de un área de prioridad de conservación, ya que se considera esta área como un “hotspots” de biodiversidad dentro de Chile central (Myers *et al.*, 2000).

El valle posee influencia marítima, clima templado frío con estación seca prolongada de 6 a 7 meses, presenta neblinas matinales, la temperatura media del verano oscila en los 25°C y la media anual se aproxima a los 14,4°C. En cuanto a las precipitaciones, éstas se concentran principalmente entre los meses de mayo y octubre, con una media anual de 450 mm. Los meses con posibles episodios de heladas son septiembre y octubre, y desde noviembre a abril se considera un valle más bien seco, sin episodios de precipitaciones (Asociación de Empresarios Vitivinícolas del Valle de Casablanca, 2007).

El valle de Casablanca a pesar de su gran importancia para Chile en cuanto a la producción de vinos blancos finos, no posee estudios que utilicen una metodología particular para caracterizar climáticamente la zona en la que se encuentra inserto. Este hecho manifiesta la necesidad de hacer uso de las herramientas tecnológicas existentes en el valle de Casablanca, como por ejemplo utilizar los datos obtenidos de las diferentes estaciones meteorológicas presentes en el valle, con el fin de generar información que permita conocer las características propias de las diferentes zonas vitivinícolas de la región.

Objetivo general

Aplicar una metodología para caracterizar climáticamente desde el punto de vista vitivinícola diferentes áreas geográficas del valle de Casablanca, durante la temporada 2007-2008.

MATERIALES Y MÉTODO

Lugar de estudio

Este trabajo fue realizado en las dependencias del Departamento de Agroindustria y Enología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Materiales

En la realización de este estudio fue utilizada una base de datos meteorológicos mensuales provenientes de las estaciones meteorológicas ubicadas en el Valle de Casablanca, pertenecientes a la Asociación de Empresarios Vitivinícolas de Casablanca (figura 1).

La información proporcionada por la base de datos, consiste en temperaturas mínimas, medias y máximas; precipitación y evapotranspiración potencial, considerando un total de 12 estaciones meteorológicas ubicadas entre los 33°20' y 33°46' de latitud, y los 71°27' y 71°48' de longitud (Cuadro 1), pertenecientes a la Asociación de Empresarios Vitivinícolas de Casablanca. Se consideró una serie temporal entre las fechas de 1 de octubre del año 2007 y 31 de marzo del año 2008.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas y sigla utilizada para cada una.

Sigla	Lat (°)	Lon (°)	Altitud(m)
E1	-33,282	-71,278	345
E2	-33,292	-71,298	310
E3	-33,296	-71,321	300
E4	-33,320	-71,320	297
E5	-33,355	-71,333	295
E6	-33,292	-71,401	265
E7	-33,293	-71,412	266
E8	-33,303	-71,458	257
E9	-33,288	-71,467	256
E10	-33,203	-71,389	335
E11	-33,469	-71,400	251
E12	-33,399	-71,480	267

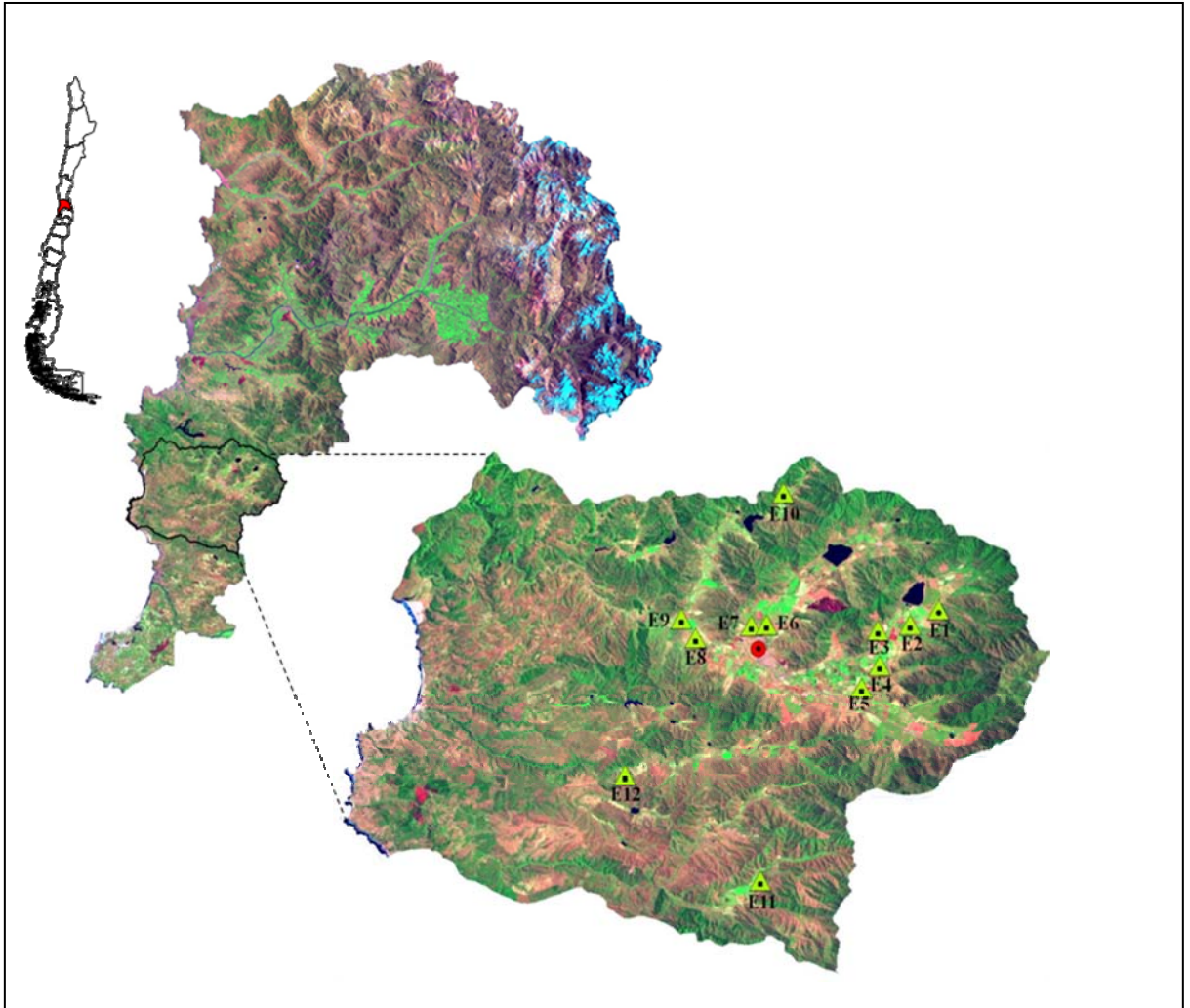


Figura 1. Imagen Landsat ETM+ del año 2001 (Global Land Cover Facility, 2001) que muestra la distribución de las estaciones meteorológicas del valle de Casablanca, con su posición y su sigla respectiva. Punto en rojo corresponde a la localidad de Casablanca.

Método

Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geovitícola

Para la realización de este estudio, se utilizaron los índices bioclimáticos del Sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geovitícola (Tonietto y Carbonneau, 2004). Este sistema de clasificación cuenta de tres índices climáticos sintéticos y complementarios entre ellos, los que han sido desarrollados en función de las necesidades de las distintas variedades de *Vitis vinifera*, la características de éstas (azúcar, acidez, color, aroma) y en la tipicidad de los vinos (Cuadro 2). Esto permite una clasificación de carácter multicriterio, estableciendo el clima vitícola de una región y permite que las regiones sean clasificadas y agrupadas. De esta manera, el sistema permite la identificación de climas análogos.

Según Tonietto y Carbonneau (2004) Los índices del Sistema CCM fueron establecidos en función del ciclo vegetativo y sobre diversos períodos de un viñedo. Son recomendables para la caracterización de las potencialidades de una región, permitiendo comparar diferentes zonas geográficas con aptitudes vitivinícolas en función del potencial de las bayas de vid y de los productos vitivinícolas.

Cuadro 2. Índices climáticos utilizados para el Sistema CCM Geovitícola.

ÍNDICE		
Tipo	Nombre	Sigla
Heliotérmico	Índice Heliotérmico	IH
Hídrico	Índice de Sequía	IS
Nictotérmico	Índice de Frío Nocturno	IF

Fuente: Tonietto, 1999.

Para realizar la clasificación climática, hay que definir dos conceptos:

Clima Vitícola. Corresponde al clima de una localidad, un viñedo o una región vitivinícola, descrito por los tres índices bioclimáticos. El clima vitícola de un lugar cambia de un año a otro, lo que lleva a dos sub-definiciones: el clima vitícola promedio y el rango de clima vitícola (amplitud climática). La clasificación se realiza en base a los distintos valores de los tres índices bioclimáticos vitícolas: Índice Heliotérmico (IH), Índice de Sequía (IS) e Índice de Frío Nocturno (IF).

Grupo Climático. El grupo climático al cual las localidades, viñedos o regiones vitivinícolas pertenecen, es un conjunto de localidades, viñedos o regiones vitivinícolas que presentan una misma clase de clima vitícola. Usualmente, el grupo climático incluye una gran parte de los rangos del clima vitícola que pueden presentarse entre cada temporada.

Índice Heliotérmico (IH). Propuesto por Huglin (1978), considera las condiciones térmicas favorables a la actividad fotosintética de un viñedo. El índice heliotérmico relaciona las temperaturas medias y máximas diarias durante el período activo de vegetación y un coeficiente de longitud del día que varía según la latitud. Según Huglin (1978), el cálculo se realiza utilizando datos climáticos mensuales para el período de crecimiento activo de la planta:

$$\mathbf{IH} = \sum_{01.10}^{31.03} \frac{[(Tx - 10) + (Tm - 10)]}{2} * k$$

Donde, Tm corresponde a la temperatura media del aire (°C), Tx a la temperatura media máxima del aire (°C) y *k* a un coeficiente de duración del día que varía desde 1,02 a 1,06 entre los 40° y 50° de latitud (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficiente de longitud del día (*k*) para IH.

Latitud	<i>k</i>
< 40°00'	1,00
40°01' – 42°00'	1,02
42°01' – 44°00'	1,03
44°01' – 46°00'	1,04
46°01' – 48°00'	1,05
48°01' – 50°00'	1,06

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004).

Las temperaturas medias por sí solas, no pueden dar cuenta de la actividad fotosintética de la planta, es necesario considerar las condiciones térmicas durante el período diurno donde la fotosíntesis ocurre (Bois, 2004). Este índice, combinado con el Índice de Frío Nocturno, permite realizar una mejor discriminación del clima de una región con respecto a las condiciones heliotérmicas globales durante el ciclo vegetativo del viñedo y las condiciones de frío nocturno durante el período de maduración de vid (Tonietto y Carbonneau, 2004). El cálculo se realiza para un período de seis meses, comprendido entre el 1 de octubre y el 31 de marzo en el Hemisferio Sur y entre el 1 de abril y el 30 de septiembre en el Hemisferio Norte. Huglin y Schneider (1998) han propuesto un límite inferior para el cultivo de la vid a un valor de IH = 1400, además de presentar los valores de referencia sobre las exigencias de diversas variedades para la obtención de uvas con una concentración de azúcar del orden de 180-200 g/L (Cuadro 4), donde los manejos realizados al viñedo como el rendimiento obtenido, el sistema de conducción pueden variar la concentración de azúcar. El índice heliotérmico proporciona una mejor estimación del potencial de azúcar que las sumas térmicas clásicas utilizadas en la vitivinicultura.

Cuadro 4. Exigencias de distintas variedades para obtener un contenido de azúcar del orden de 180-200 g/L según el Índice Heliotérmico (IH).

IH	Variedades
1500	Müller-Thurgau, Portugais bleu
1600	Pinot blanc, Pinot gris, Aligoté, Gamay, Gewürztraminer
1700	Pinot noir, Chardonnay, Riesling, Sylvaner, Sauvignon, Melon
1800	Cabernet franc, Blaufrankisch
1900	Cabernet sauvignon, Chenin blanc, Merlot, Sémillon, Riesling.
2000	Ugni blanc
2100	Cinsault, Grenache, Syrah
2200	Carignan
2300	Aramon

Fuente: Huglin y Schneider (1998).

De acuerdo a lo propuesto por Tonietto y Carbonneau (2004) las Clases de clima vitícola para IH son las siguientes:

IH – 3. Clase de clima Muy Frío, incluye a todas aquellas regiones ubicadas en el límite térmico inferior para el cultivo de la vid; bajo estas condiciones heliotérmicas solo las variedades muy tempranas pueden alcanzar la madurez, especialmente las variedades blancas.

IH – 2. Clase de clima Frío, el potencial heliotérmico permite la maduración de una gama más amplia de uvas, blancas o tintas, incluyendo por ejemplo a Riesling, Pinot Noir, Chardonnay, Cabernet Franc y Merlot.

IH – 1. Clase de clima Templado, las variedades más tardías como Cabernet Sauvignon o Syrah, pueden igualmente alcanzar la maduración.

IH + 1. Clase de clima Templado Caluroso, variedades más tardías como Carignan o Mourvèdre pueden alcanzar la madurez.

IH + 2. Clase de clima Caluroso se caracteriza por un alto potencial heliotérmico, el cual excede las necesidades heliotérmicas de maduración de las variedades, aún para las tardías (con algunos riesgos de estrés asociados).

IH + 3. Clase de clima Muy Caluroso, además del hecho de no existir limitantes heliotérmicas para la maduración de las uvas, comienzan a aparecer las zonas de clima intertropical, en los cuales es posible, en ciertos casos, obtener más de una cosecha al año.

Cuadro 5 .Clases de Clima Vitícola y sus intervalos para IH.

Clase de Clima Vitícola	Sigla	Intervalo
Muy caluroso	IH+ 3	>3000
Caluroso	IH + 2	>2400 ≤ 3000
Temperado caluroso	IH + 1	>2100 ≤ 2400
Temperado	IH – 1	>1800 ≤ 2100
Frío	IH – 2	>1500 ≤ 1800
Muy Frío	IH – 3	≤1500

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004).

Índice de Frío Nocturno (IF). Propuesto por Tonietto (1999), cuantifica los efectos de las bajas temperaturas nocturnas durante el período en el cual usualmente ocurre la maduración. Las noches frescas tienden a frenar el crecimiento de los brotes, favoreciendo la generación de excedentes de carbohidratos acumulables en los frutos. Al contrario, las noches cálidas favorecen el crecimiento continuo de los brotes, compitiendo fuertemente con los frutos (Santibáñez, 2005). Las noches frescas son un factor muy importante en la vitivinicultura, ya que favorecen la coloración y la formación de aromas en las bayas y el vino (Tonietto, 1999). Para el estudio de un mesoclima en particular, el período de cálculo para IF debe ajustarse al período de maduración de las uvas, expresando el valor de IF en los 30 días del período que preceden a la cosecha.

IF = Promedio mensual de la temperatura media mínima del aire del mes de marzo en °C (septiembre para el Hemisferio Norte).

De acuerdo a lo propuesto por Tonietto y Carbonneau (2004) las Clases de clima vitícola para IF son las siguientes:

IF – 2. En la clase de clima vitícola de Noches Cálidas, las regiones vitivinícolas poseen un período de maduración de la uva con temperaturas nocturnas elevadas para todas las variedades.

IF – 1. En la clase de clima vitícola de Noches Temperadas, existe una condición intermedia entre los climas vitícolas de Noches frías y de Noches cálidas.

IF + 1. En la clase de clima vitícola de Noches Frías, la maduración ocurre bajo condiciones que pueden ser más o menos frías. Sin embargo, las condiciones son más frías que en la clase IF – 1, de tal manera que un límite máximo de temperatura nocturna favorable para la maduración no será excedido para ninguna variedad.

IF + 2. En la clase de clima vitícola de Noches Muy Frías, las condiciones de temperatura nocturna son bajas y el efecto positivo de esas temperaturas depende, sobre

todo, de un potencial heliotérmico capaz de asegurar un buen nivel de maduración de las uvas para una variedad dada.

Cuadro 6 .Clases de Clima Vitícola y sus intervalos para IF

Clase de Clima Vitícola	Sigla	Intervalo
Noches muy frías	IF + 2	≤ 12
Noches frías	IF + 1	$>12 \leq 14$
Noches templadas	IF - 1	$>14 \leq 18$
Noches cálidas	IF - 2	>18

Fuente: Tonietto y Carbonneau, 2004

Índice de Sequía (IS). Basado en el Balance Hídrico Potencial de Riou (Riou *et al.*, 1994), permite caracterizar la componente hídrica del clima, indicando la presencia o ausencia de sequía de una región vitícola. Se basa en la disponibilidad de agua en el suelo al comienzo del ciclo del cultivo (estimada en 200 mm.), la demanda climática potencial del viñedo, la evaporación de un suelo desnudo y la lluvia caída durante ese período

Se calcula sobre el mismo período de 6 meses para IH, de la manera siguiente:

$$W = W_0 + P - TV - E_s$$

W o IS = Estimación de la reserva hídrica del suelo para el final de un período dado (mm)

W₀ = Reserva hídrica inicial útil del suelo (200 mm.), valor promedio recomendado cuando la información de reserva inicial en el suelo no es conocida.

P = Precipitación total durante el período (mm.)

TV = Transpiración potencial del viñedo (mm.)

E_s = Evaporación directa a partir de suelo (mm.)

T_v y E_s se calculan por:

$$TV = ETP * k$$

ETP = Evapotranspiración potencial para el período (mm.)

k = Coeficiente de absorción de radiación por el follaje. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Valores de k utilizados para cada mes (Hemisferio Sur)

Mes	k
Octubre	0,1
Noviembre	0,3
Diciembre	0,5
Enero	0,5
Febrero	0,5
Marzo	0,5

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004).

$$E_s = ETP/N * (1 - k) * JP$$

JP = precipitación del mes/5, el número de días de evaporación efectiva desde el suelo por mes.

N = número de días del mes

El valor de W puede ser negativo, expresando el déficit hídrico potencial, pero no puede ser mayor que Wo (reserva hídrica potencial del suelo). El índice es calculado mes a mes, basándose en los valores mensuales de P, ETP, Tv y Es. Se denomina IS al valor de W obtenido al momento final (31 de marzo), siguiendo las indicaciones anteriores y adoptando un valor inicial de Wo = 200 mm. (valor promedio recomendado cuando la información de reserva inicial en el suelo no es conocida) (Tonietto y Carbonneau, 2004).

Este índice está definido para condiciones naturales, por lo que dos grandes grupos aparecen, según la presencia o ausencia de sequía es decir regiones de clima húmedo y seco.

De acuerdo a lo propuesto por Tonietto y Carbonneau (2004) las Clases de clima vitícola para IS son las siguientes:

IS – 2. Clase de clima vitícola Húmedo con IS superior a 150 mm. Presenta “Ausencia de Sequía”, con un nivel de disponibilidad hídrica elevada, y eventualmente excesiva en relación a la calidad, ya que normalmente una buena maduración ocurre en años de baja humedad.

IS – 1. Clase de clima vitícola Sub-húmedo, con un IS entre 50 y 150 mm. El valor de 50 mm. representa un valor crítico que revela la aparición de un balance hídrico limitante bajo condiciones de sequía estival, es un buen indicador de la disponibilidad hídrica en el suelo para caracterizar las regiones con presencia o ausencia de sequía frecuente.

IS + 1. Clase de clima vitícola de Sequía Moderada, el intervalo de IS entre 50 y - 100 mm., presenta condiciones climáticas donde el viñedo está sometido potencialmente a un cierto nivel de sequía. Esta situación, donde existe una significativa regulación estomática de la planta, es generalmente favorable para la maduración. El riego es aplicado en ciertos casos. Con un IS menor a 50 mm. se comienzan a encontrar regiones con climas de tipo mediterráneo, con déficit hídrico en verano.

IS + 2. Clase de clima vitícola de Sequía Muy Fuerte, IS inferior a -100 mm., una sequía potencial ya es más acentuada, ocasionando efectos frecuentes de estrés y en la mayoría de los casos el riego es practicado en forma recurrente. El nivel de IS inferior a -200 mm. caracteriza a regiones con un alto déficit de disponibilidad hídrica en el suelo. Estas son las regiones donde el riego es obligatorio y donde existe un frecuente riesgo de estrés severo si estas prácticas no se realizan de la forma adecuada.

Cuadro 8. Clases de Clima Vitícola y sus intervalos para IS.

Clase de Clima Vitícola	Sigla	Intervalo
De sequía muy fuerte	IS + 2	≤ -100
De sequía moderada	IS + 1	$\leq 50 > -100$
Sub-húmedo	IS - 1	$\leq 150 > 50$
Húmedo	IS - 2	> 150

Fuente: Tonietto y Carbonneau (2004).

Análisis estadístico

La representación comparativa bidimensional del Clima Vitícola y de los Grupos Climáticos de las estaciones meteorológicas del Valle de Casablanca, se obtuvo por medio del Análisis de Componentes Principales.

Para obtener información de los grupos climáticos complementaria al Sistema CCM Geovitícola, se realizó una clasificación jerárquica o análisis de “clusters” utilizando la Distancias Euclidianas como coeficiente de distancia entre los datos provenientes de las diferentes estaciones, y el algoritmo de Ward como método de ligamiento promedio.

Obtenidos los distintos grupos, se realizó un Análisis Discriminante con el fin de evaluar la bondad de la agrupación y de explicar que variables son relevantes en la discriminación entre grupos. Se determinó la contribución de cada variable a la correcta clasificación de cada una de las estaciones meteorológicas, además se determinó el grupo al que pertenece cada estación. Para el análisis de los datos se utilizó el software STATISTICA versión 8.0, edición 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabilidad Climática del Valle de Casablanca

La información climática obtenida durante la temporada 2007-2008 por medio de los índices bioclimáticos pertenecientes al Sistema CCM Geovitícola permite inferir conocimientos acerca de la variabilidad climática existente durante la temporada de estudio en el valle de Casablanca, distinguiendo mediante el uso de esta metodología, zonas con diversas aptitudes para el cultivo de diferentes variedades de vid.

El valor mínimo obtenido para el Índice Heliotérmico (IH) fue de 1278, correspondiente a la estación E11 ubicada en la zona de transición hacia el valle de San Antonio, este valor según Huglin y Schneider (1998) se encuentra bajo el límite heliotérmico inferior considerado como apto para el cultivo de la vid. La estación E12 ubicada en las cercanías a E11 (IH=1477) presenta un clima vitícola considerado Muy Frío, tipo de clima en el cual podrían madurar variedades muy tempranas, especialmente variedades blancas de bajos requerimientos térmicos, siempre que en estas zonas no se presenten otros factores restrictivos para el cultivo de la vid, como heladas tempranas (Ribereau-Gayon y Peynaud, 1982).

El valor más alto de IH encontrado, corresponde a la estación E5 con un IH de 1907, la ubicación de esta estación la sitúa en las cercanías de la ruta 68 con proximidad a la zona de peajes y al túnel Lo Prado. La estación E5 está inmersa dentro del grupo de estaciones que presenta mayor valor de Índice Heliotérmico durante la temporada de estudio.

Las condiciones nictotérmicas de maduración, según el Índice de Frío Nocturno (IF) indica que las estaciones estudiadas, en la totalidad de ellas, presentan temperaturas inferiores a los 12°C, clasificando a esta zona de la quinta región como un valle vitivinícola que presenta noches muy frías. Estos valores son considerados como una característica marcada en la vitivinicultura chilena en relación a otras regiones productoras de vinos del mundo (Montes, 2006).

El Índice de sequía (IS) presenta una escasa variabilidad para las 12 estaciones meteorológicas, clasificando a la mayoría de las estaciones en condiciones de presencia de Sequía Muy Fuerte (IS+2), exceptuando solo a la estación E8 que presenta clase de clima vitícola de Sequía Moderada (IS+1).

Relación entre índices

Los valores de Índice Heliotérmico presentan una correlación negativa con el Índice de Frío Nocturno ($r=-0,02$) esta correlación es muy cercana a cero y muestra la inexistencia de relación entre ambos índices, observándose mayor variabilidad en IH que en IF, con clases de clima vitícola para el índice heliotermico de IH-3 a IH-1, y para IF sólo de IF+2. El Índice de Frío Nocturno posee una correlación negativa no significativa con el Índice de Sequía ($r=0,59$), mientras que la relación calculada entre IH e IS ($r = -0,13$), muestra que ambos índices no se encuentran correlacionados.

Las relaciones calculadas entre los tres índices bioclimáticos muestran la independencia de la información entregada a través del cálculo de estos índices y por lo tanto la complementariedad de éstos al momento de generar la información proveniente de las diferentes estaciones meteorológicas (cuadro 9).

Análisis de resultados

Índice Heliotérmico. La figura 2 muestra que las estaciones E1, E2, E3, E4 y E5 presentan los valores más altos de IH, situándolos entre los 1800 y 1900. Un segundo grupo concentra sus valores de IH entre 1600 y 1800, correspondiente a las estaciones E6, E7, E8, E9 y E10. Finalmente las estaciones E11 y E12 concentran sus valores de IH entre 1200 y 1500, considerados como los más fríos para la zona presentando clase de clima vitícola Muy Frío (IH-3) y clase de clima vitícola Frío (IH-2) respectivamente.

Según Becker (1985) en climas fríos, los vinos blancos son más frescos, más ácidos y más finos en “bouquet”, mientras que los vinos de regiones cálidas son ricos en alcohol y cortos de sabor y de aroma.

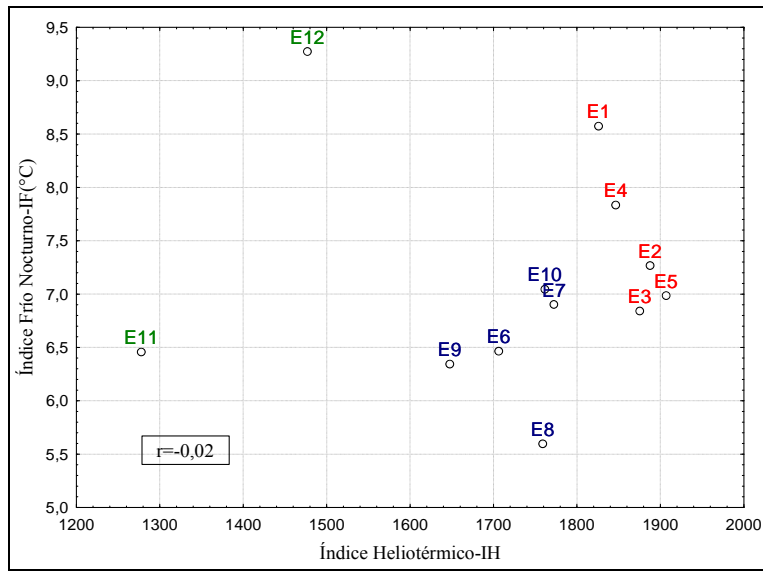


Figura 2. Relación entre el Índice de Frío Nocturno (IF) y el Índice Heliotérmico (IH).

La relación entre IH y la amplitud térmica (correspondiente a la diferencia entre la temperatura media máxima y media mínima mensual) durante el mes de marzo, muestra que la mayor parte de las estaciones se concentran en valores superiores a 1600 y menores a 1900 de IH (Figura 3).

Las estaciones que presentan valores más bajos de amplitud térmica corresponde a las estaciones E11 y E12. Junto con esto las estaciones mencionadas presentan además temperaturas mínimas menores durante el período de estudio. Las estaciones E11 y E12, se ubican a mayor distancia de la comuna de Casablanca y de la ruta 68 que une Santiago con Valparaíso, cercanas a la zona del valle de San Antonio y Leyda, condición diferente de las otras estaciones meteorológicas que presentan mayores temperaturas como el caso de la estación E5, que se encuentra en una zona con superficies cercanas a la carretera, expuesta al flujo de masas de aire, menor vegetación nativa, y cercana de caminos internos propios del valle, este factor es interesante de considerar pues las estaciones E11 y E12 corresponden a un área dentro de la zona intermedia del valle Casablanca y el valle de San Antonio situación transitoria hacia la Región Metropolitana, que presenta especial cercanía a la desembocadura del río Maipo. La amplitud térmica para el mes de marzo se encuentra correlacionada significativamente con IH ($r = 0,77$) y en menor medida con IF ($r = 0,33$), por lo que la fluctuación en la amplitud térmica para el mes de marzo en cada estación puede estar determinada principalmente por las temperaturas diurnas.

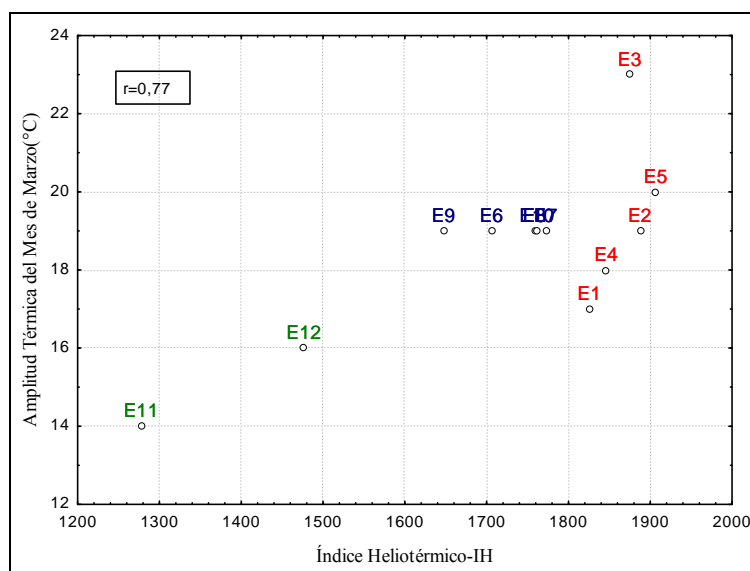


Figura 3. Posición de las estaciones meteorológicas y la relación entre el Índice Heliotérmico (IH) y la amplitud térmica del mes de marzo.

Índice de Frío Nocturno. El IF presenta una distribución muy estrecha de las estaciones dentro de la clasificación, los valores de IF para todas las estaciones son considerados muy bajos ($<12^{\circ}\text{C}$) encontrándose clasificadas como clase de clima vitícola de Noches Muy Frías (IF+2) (Figura 4). Las temperaturas nocturnas, son un factor de gran importancia durante el período de maduración de las bayas de vid, que junto con la restricción hídrica son la base de la vitivinicultura de calidad. Estos factores son de gran interés en la vitivinicultura pues las condiciones de frescura durante el período de maduración son fundamentales para el desarrollo de las antocianinas y la calidad del vino (Hernández y Pszczółkowski, 1986)

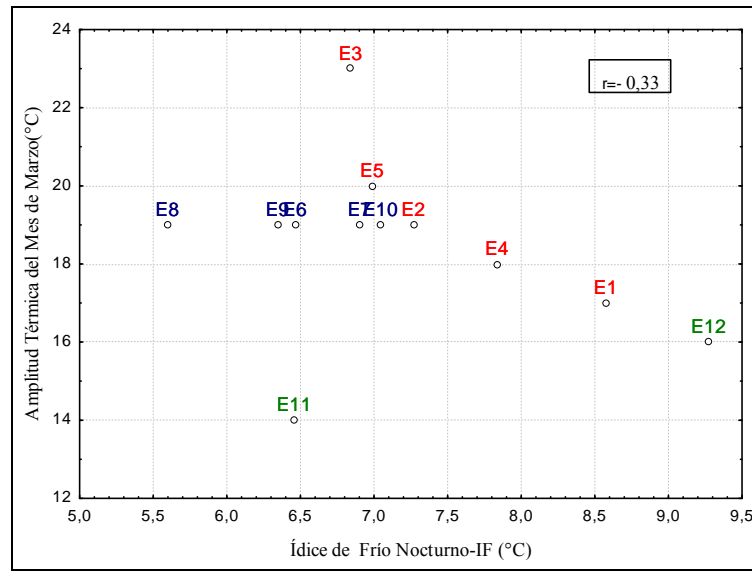


Figura 4. Posición de las estaciones meteorológicas y la relación entre el Índice de Frío Nocturno y la amplitud térmica del mes de marzo.

Índice de sequía. En el caso de IS se observa la existencia de una variabilidad acotada para IS en las 12 estaciones, indicando que tanto el factor hídrico como el heliotérmico son de importancia al momento de estudiar los factores climáticos dentro del Valle de Casablanca. La mayoría de las estaciones presentan condiciones de presencia de Sequía Muy Fuerte (IS+2) al final de la temporada, solo la estación de E8 presenta clase de clima vitícola de Sequía Moderada (IS+1). Las características climáticas observadas responden a la condición de Clima Templado - Cálido Con Lluvias Invernales con estación seca prolongada (7 A 8 Meses) y gran nubosidad (Dirección Meteorológica de Chile, 2009) condición presente en la zona cercana a la costa de la V región, donde la estación húmeda y fría está presente en invierno y la estación seca y cálida en verano, entre los meses de septiembre a marzo. Este hecho obliga a los productores a tecnificar el riego y concentrarlo en los meses en donde el riego es fundamental en la vitivinicultura (Pszczólkowski, 1998).

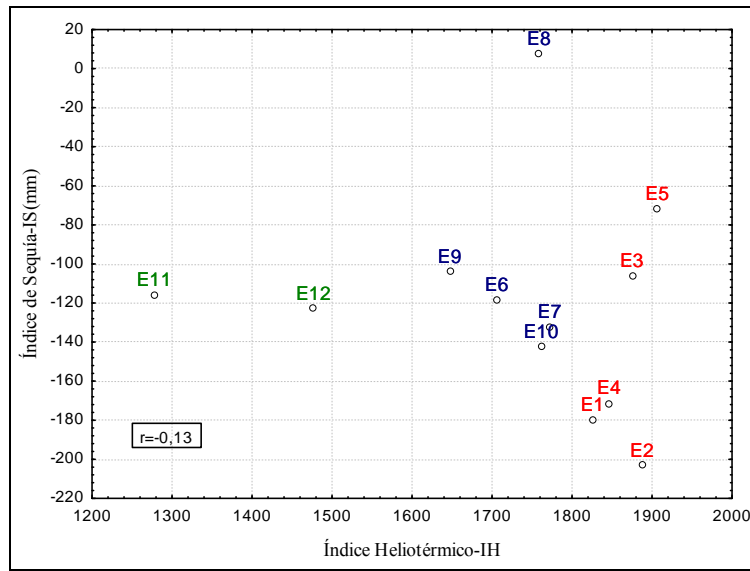


Figura 5. Relación entre el Índice Heliotérmico (IH) y el Índice de Sequía (IS).

Relación entre los índices CCM y la situación geográfica

La matriz de correlación para los índices y las coordenadas geográficas de las 12 estaciones presentes en el Valle de Casablanca (Cuadro 9), muestra que IH tiene una correlación significativa con la altitud ($r=0,59$) y la longitud ($r=0,6$) (aumenta con la altura y disminuye con la cercanía al mar). En el caso de IF, existe una correlación positiva con la altitud ($r=0,44$), antecedente de importancia en la caracterización climática de la temporada 2007-2008, pues sería este un factor que explicaría la variabilidad de climática dentro del valle.

El aumento de IH e IF con la altura explicaría la situación térmica del valle, de este modo la presencia de bajas temperaturas en determinadas estaciones (E11 y E12), estaría determinada por estas relaciones, señalando que la inserción de viñedos en zonas encajonadas de la cordillera de la costa sería el factor que junto a las menores temperaturas proveniente de la brisa del mar colaborarían con las características propias de un valle con aptitud para el cultivo de vides que requieran de condiciones térmicas frías para elaboración de vinos frescos y ligeros con cualidades organolépticas particulares como por ejemplo la producción de vinos blancos finos (Bonnardot, 2003). La disminución de IH con la cercanía al mar indica que la disminución en la amplitud térmica en las zonas costeras se debe principalmente a la disminución en las temperaturas diurnas, y en menor medida por las temperaturas nocturnas.

De acuerdo a este estudio el Índice de Sequía no presenta correlaciones significativas con ninguna variable, esto explica que el cálculo del Índice de Sequía abarca un período entre

octubre y marzo, inverso a los cálculos de las tendencias en las precipitaciones anuales. Esto se debe a que la variabilidad espacial en las precipitaciones anuales del valle de Casablanca sería un factor propio de un clima templado con estación seca prolongada y con precipitaciones en invierno período que no se encuentra incluido para el cálculo del IS.

Cuadro 9. Matriz de correlación para los índices y las coordenadas geográficas de las estaciones.

	IH	IF	IS
IH	1,00	-	-
IF	-0,02	1,00	
IS	-0,13	-0,59	1,00
Altitud	0,59	0,44	-0,56
Latitud	0,7	-0,13	-0,16
Longitud	0,6	0,24	-0,57

Climas vitícolas y grupos climáticos del Valle de Casablanca

Para obtener información de grupos climáticos estadísticamente semejantes entre sí, con información complementaria al Sistema CCM Geovítica, se realizó una clasificación jerárquica o análisis de clusters para los índices climáticos (IH, IS e IF). La Figura 6 corresponde al gráfico tipo dendrograma obtenido en la clasificación jerárquica efectuada para el total de 12 estaciones meteorológicas ubicadas dentro del Valle de Casablanca. Para este análisis se utilizó el algoritmo Ward como método de agrupamiento y la Distancia Euclidiana como coeficiente de distancia. Los datos fueron normalizados con el fin de proteger la integridad de éstos.

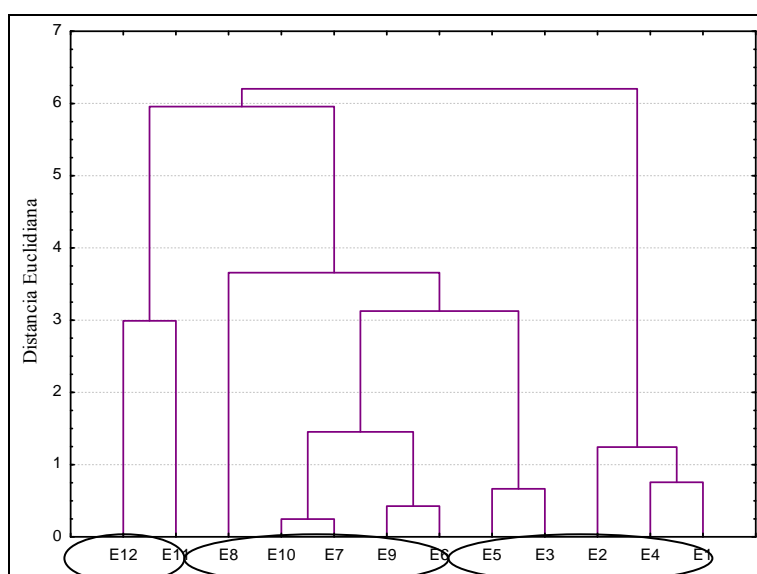


Figura 6. Clasificación jerárquica de las estaciones meteorológicas del valle de Casablanca utilizando los índices bioclimáticos pertenecientes al Sistema CCM Geovítica.

Se realizó un análisis discriminante para evaluar la agrupación con el fin de identificar las estaciones mal clasificadas, este análisis arrojó resultado de clasificación de 100% para las 12 estaciones meteorológicas, porcentaje que indica que los grupos están correctamente identificados. Los grupos climáticos quedaron constituidos como lo muestra el Cuadro 10.

Cuadro 10. Grupos climáticos obtenidos mediante la clasificación jerárquica y estaciones que integran cada grupo.

Grupos	Estaciones meteorológicas
Grupo 1	E1,E2,E3,E4,E5
Grupo 2	E6,E7,E8,E9,E10
Grupo 3	E11,E12

La información estadística resultante del análisis discriminante para los grupos climáticos anteriores se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Resumen del análisis discriminante.

N = 12	Lambda de Wilks	Lambda Parcial
IH	0,58	0,05
IF	0,07	0,44
IS	0,048	0,69

Modelo final. Lambda de Wilks: 0,033 F= (6,14) p< 0,0002.

El factor lambda de Wilks expresa la significancia estadística del poder de discriminación del modelo, su valor fluctúa entre 0 (perfecto poder de discriminación) y 1 (sin poder de discriminación). Los valores de lambda de Wilks para cada índice representan el valor del modelo final, si se excluye la variable respectiva (índice) del análisis, observándose un disminución del valor de éste al excluir los índices IS o IF, contrariamente a lo que sucede con IH, donde su valor aumenta notoriamente si éste no fuera incluido. El lambda parcial de Wilks determina la contribución de la respectiva variable a la discriminación entre grupos, mientras más bajo sea, mayor será esa contribución, por lo que el índice que más contribuye sería IH, le sigue en contribución IF y en mucho menor medida IS. Para el modelo final, el lambda de Wilks (0,033) indica una alta significancia estadística para los grupos climáticos establecidos.

Como se mencionaba anteriormente, el lambda parcial indica que es el IH el que más contribuyente a la discriminación entre grupos (más cercano a cero), seguido por los otros índices. El lambda parcial para el potencial heliotérmico de las distintas zonas, representado por IH, corresponde a la variable que permite diferenciar climáticamente con mayor significancia las zonas en estudio, considerando las variables incluidas en los tres índices climáticos.

La matriz de clasificación del análisis discriminante se presenta en el cuadro 12, en donde se puede evaluar el agrupamiento realizado. Esta matriz informa el porcentaje de estaciones meteorológicas clasificadas correctamente en cada grupo.

Cuadro 12. Matriz de clasificación del análisis discriminante.

Filas indican la clasificación observada y columnas indican la clasificación predicha.

Grupo	Porcentaje correcto (%)	1	2	3
1	100	5	0	0
2	100	0	5	0
3	100	0	0	2
Total	100	5	5	2

Para la clasificación de los 3 grupos encontrados fueron necesarias dos funciones discriminantes. Se obtuvieron los coeficientes estandarizados para estas funciones, con el objeto de establecer el origen de su capacidad de discriminación (Cuadro 13). La primera función discriminante está determinada principalmente por IH, y la segunda por IS.

Cuadro 13. Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes.

Variable	F.D.1	F.D.2
IH	1,27847	-0,056388
IF	-1,02592	-0,877853
IS	-0,77275	0,167334
Valor propio	18,91267	0,496552
% acumulado de la varianza explicada	97,442	100

En el Cuadro 13 se muestran los valores para cada función discriminante y la proporción acumulada de la varianza explicada para cada función. La primera función explica un 97,4% de la discriminación entre grupos, mientras que la segunda explica un 2,5%. Las funciones uno y dos explican en conjunto un 100% de la discriminación entre grupos, siendo el índice de mayor peso IH, el cual presenta alto poder discriminatorio entre grupos, mientras que IF posee presencia discriminatoria en menor medida.

El poder discriminador que posee IH indica que las mayores diferencias entre los diferentes grupos se observa en las temperaturas diurnas en las diferentes zonas de estudio, en menor grado el IS indica diferencias, para el cual se presenta una acotada variabilidad entre grupos. En el caso IF la variabilidad no existe, presentándose en todos los grupos temperaturas nocturnas frías durante el período de maduración, lo que permitiría un adecuado funcionamiento del metabolismo secundario de las plantas con la consiguiente obtención de vinos blancos con buenos niveles de aromas (Santibañez *et al.*, 1989).

Se muestra en la Figura 6 la posición de los tres grupos climáticos encontrados según el valor promedio de los tres índices climáticos, donde se observa la variabilidad en IH entre los tres grupos, junto con esto se puede observar una demanda hídrica mayor para los grupos 1 y 3.

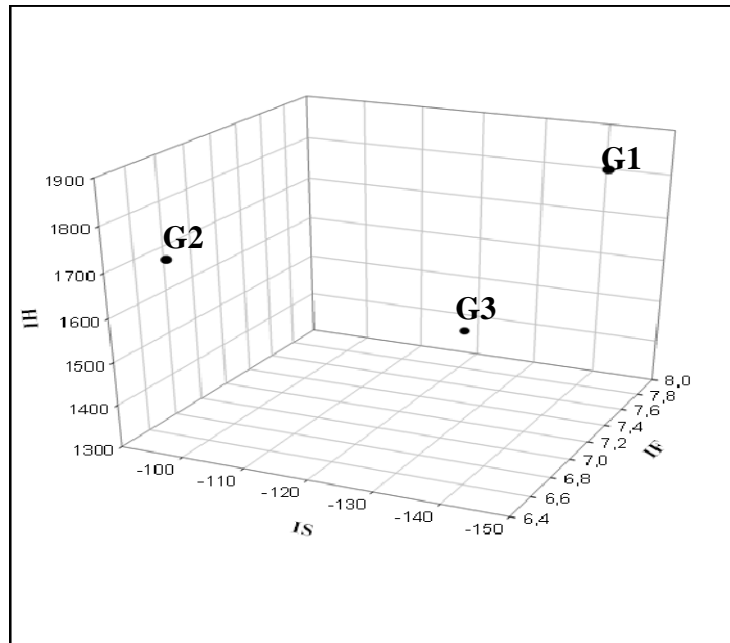


Figura 7. Los tres grupos climáticos y su posición relativa de para los valores medios de IH, IS e IF.

En las Figura 8, 9 y 10 respectivamente, se muestran los valores medios, la desviación estándar (DS) y el intervalo de predicción de 95% alrededor de la media ($1,96 \cdot DS$) de los tres índices (IH, IS e IF) obtenidos mediante la clasificación jerárquica para los tres grupos climáticos.

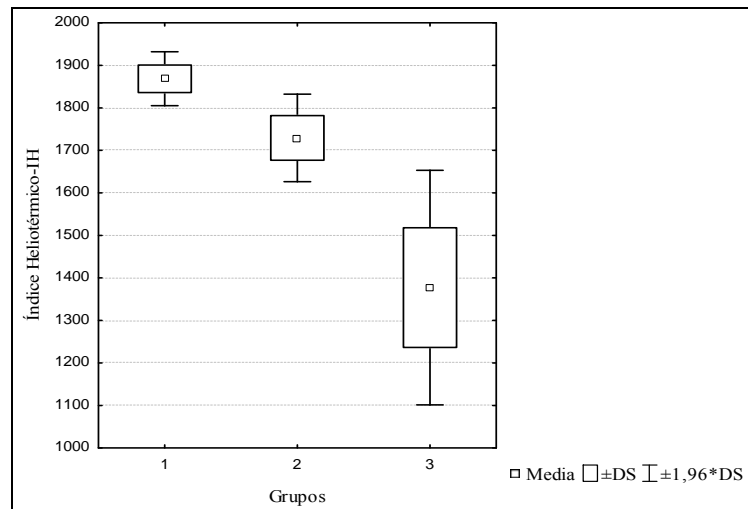


Figura 8. Gráfico de caja para IH de los 3 grupos climáticos obtenidos mediante la clasificación jerárquica.

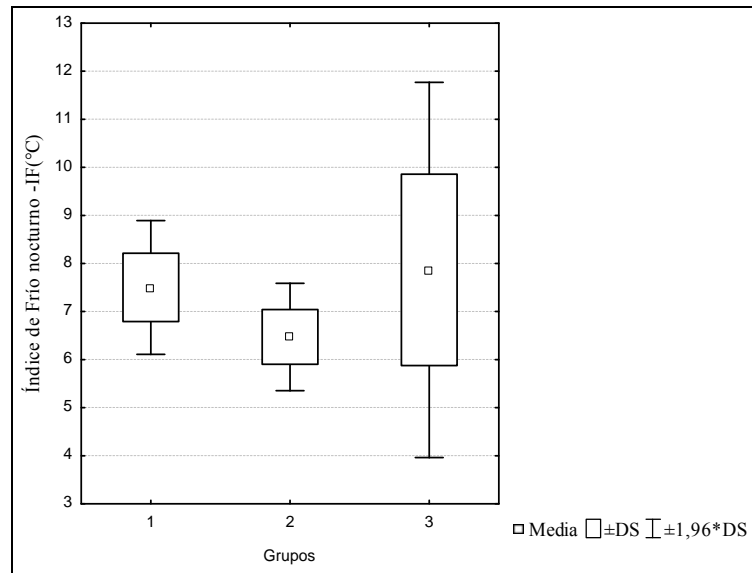


Figura 9. Gráfico de caja para IF de los 3 grupos climáticos obtenidos mediante la Clasificación jerárquica.

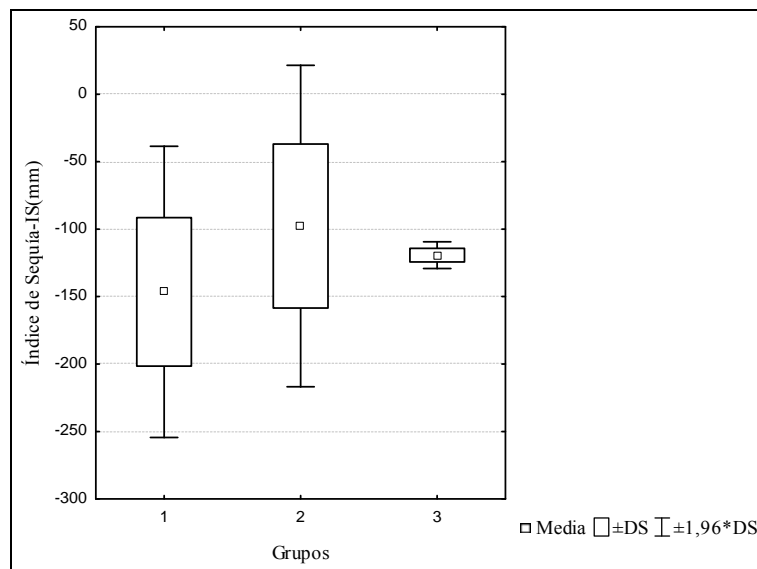


Figura 10. Gráfico de caja para IS de los 3 grupos climáticos obtenidos mediante la clasificación jerárquica.

Al comparar los valores medios se puede observar que IS posee una varianza mucho mayor y en menor medida IF, junto con esto se puede apreciar que el IH, presenta menor varianza, debido a la mayor discriminación entre grupos generada por el IH.

La descripción de los tres grupos climáticos encontrados en el estudio muestra características de las diferentes zonas geográficas presentes en el valle de Casablanca,

principalmente esta diferencia radica en las posibilidades de maduración de las distintas variedades de *Vitis vinifera*. En el cuadro 14 se muestran los valores mínimos, promedio y máximos de los tres índices climáticos para los tres grupos climáticos identificados.

Cuadro 14. Valor promedio, mínimo y máximo de los índices climáticos para los grupos climáticos descritos.

Índice Heliotérmico			
Grupo climático	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Grupo 1	1826	1868	1907
Grupo2	1647	1729	1772
Grupo3	1278	1377	1477

Índice de Frío Nocturno (°C)			
Grupo climático	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Grupo 1	6,8	7,5	8,6
Grupo2	5,6	6,5	7,0
Grupo3	6,5	7,9	9,3

Índice de Sequía (mm)			
Grupo climático	Valor mínimo	Promedio	Valor máximo
Grupo 1	-203,2	-146,5	-71,9
Grupo2	-142,5	-97,7	7,8
Grupo3	-122,9	-119,3	-115,7

Los valores de los tres índices climáticos para cada estación individual, su clima vitícola correspondiente, y el grupo climático al que pertenecen según el análisis de los índices bioclimáticos pertenecientes al Sistema CCM Geovítica (cuadro 15).

Cuadro 15. Valor obtenido de cada índice climático (IH, IS e IF), clima vitícola y grupo climático para cada estación meteorológica.

Estación	IH	IS (mm)	IF (°C)	Clima vitícola	Grupo climático
E1	1826	-179,8	8,6	IH-1 IS+2 IF+2	1
E2	1888	-203,2	7,3	IH-1 IS+2 IF+2	1
E3	1875	-106,2	6,8	IH-1 IS+2 IF+2	1
E4	1846	-171,2	7,8	IH-1 IS+2 IF+2	1
E5	1907	-71,9	7,0	IH-1 IS+2 IF+2	1
E6	1706	-118,0	6,5	IH-2 IS+2 IF+2	2
E7	1772	-131,9	6,9	IH-2 IS+2 IF+2	2
E8	1759	7,8	5,6	IH-2 IS+1 IF+2	2
E9	1647	-103,7	6,3	IH-2 IS+2 IF+2	2
E10	1761	-142,5	7,0	IH-2 IS+2 IF+2	2
E11	1278	-115,7	6,5	IH-3 IS+2 IF+2	3
E12	1477	-122,9	9,3	IH-3 IS+2 IF+2	3

La aparición de diferentes climas vitícolas para IH (desde IH-3 a IH-1) muestra que el valle se torna más frío hacia el interior y hacia la costa. Para IH, la clase de clima vitícola de clima Templado (IH-1) y la clase de clima vitícola de clima Frío (IH-2) presentan el número de 5 estaciones clasificadas cada uno, sin embargo, la clase de clima vitícola Muy Frío (IH-3) presenta el grupo más pequeño dentro de la clasificación, con solo 2 estaciones (E11 y E12).

En cuanto a IF, la totalidad de las estaciones presenta un clima de clase Noches Muy Frías (IF+2), lo mismo para IS que presenta para la totalidad de estaciones el clima vitícola de Sequía Muy Fuerte (IS+2), sin embargo existe una excepción, la estación E8 que presenta un clima vitícola diferente, correspondiente al clima vitícola de Presencia de Sequía (IS+1).

Descripción de los Grupos Climáticos

La representación comparativa bidimensional de los Grupos Climáticos y de sus respectivos Climas Vitícolas encontrados entre las estaciones meteorológicas del Valle de Casablanca, se obtuvo por medio del Análisis de Componentes Principales. Las características por grupo se describen a continuación.

Grupo 1. Este grupo está conformado por las estaciones ubicadas en las zonas cercanas al túnel “Lo Prado” (ruta 68), alejadas de la costa. El grupo se caracteriza por presentar clase de clima Templado (IH-1) con un potencial heliotérmico promedio de IH 1868. Este grupo puede presentar restricciones para variedades tintas más exigentes en cuanto a requerimientos térmicos, como Syrah y Carignan, pero se presenta óptimo para las variedades tintas como Cabernet franc, Cabernet sauvignon, Merlot y variedades blancas como Sémillon, Riesling y Chenin blanc.

Presenta condición de sequía potencial muy acentuada (clima de Sequía Muy Fuerte) con $IS = -146,5$ promedio, además de muy bajas temperaturas nocturnas, $IF = 7,5$ en promedio. En el círculo de correlaciones, dentro de este grupo las estaciones E1 y E4 serían más frías en el día que el resto del grupo mientras que serían menos húmedas y más frías en la noche. La estación E2 sería menos fría en la noche y menos húmeda que el resto del grupo. Las estaciones E3 y E5 serían las más húmedas y menos frías en tanto en el día como en la noche (Figura 11).

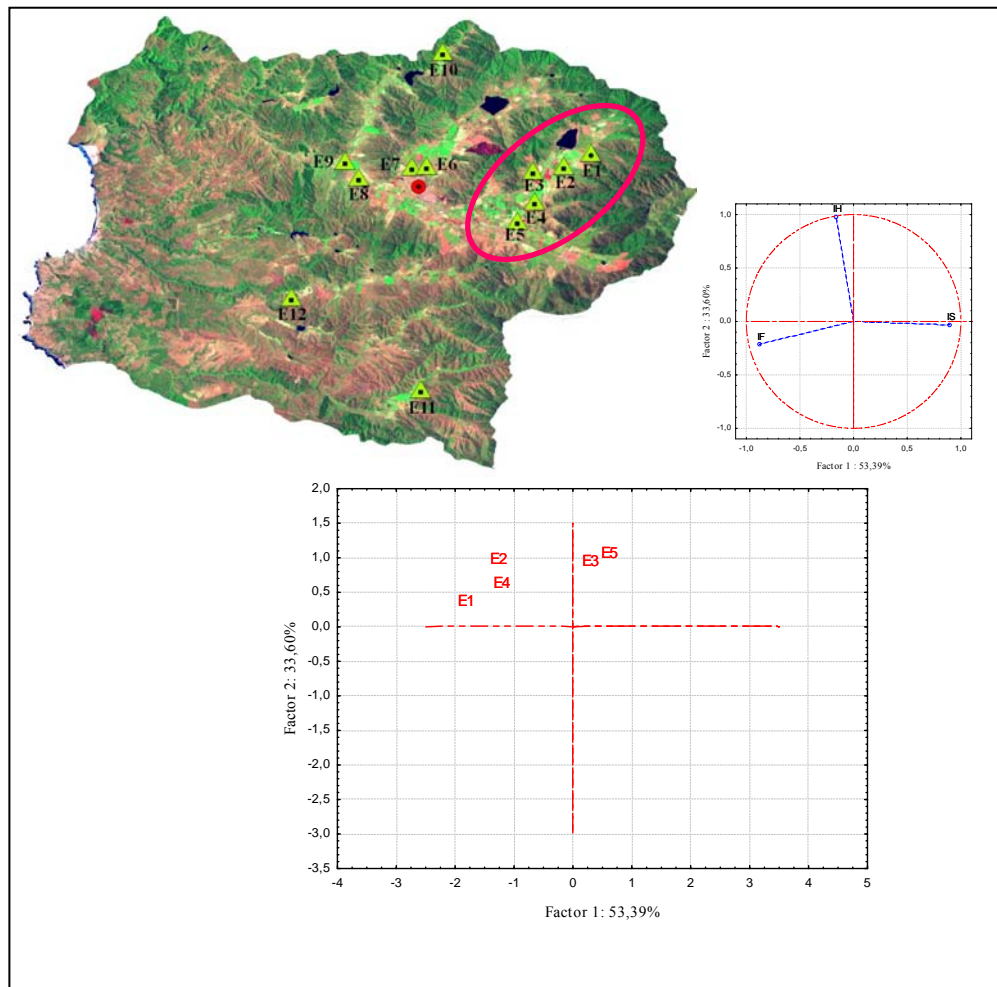


Figura 11. Estaciones pertenecientes al Grupo 1, Análisis de Componentes Principales y Circulo de correlación, se observa la posición relativa de cada estación según los índices IH IS e IF.

Grupo 2. Conformado por estaciones relativamente frías que se encuentran ubicadas cercanas a la costa poseen valores promedios de $IH=1729$. El potencial heliotérmico está caracterizado como clima Frío (IH-2), limitado para las variedades tintas, salvo Pinot noir. Sin embargo este valor permite obtener condiciones de maduración para variedades blancas como Chardonnay, Sauvignon blanc, Pinot blanc, Pinot gris, Gewürztraminer y Riesling. En este grupo, las estaciones con mayor potencial heliotérmico tienden a presentar noches más frías que el resto de los grupos encontrados. Las bajas temperaturas dan por resultado un $IF=6,5$ promedio y un índice de sequía $IS=-97,7$ promedio.

Dentro del círculo de correlación se puede observar que dentro del grupo 2 la estación E8 correspondería a la estación más cálida dentro de las estaciones meteorológicas pertenecientes a este grupo, además correspondería a la estación más húmeda del grupo y

del total de las estaciones meteorológicas presentes en este estudio, presentaría menores temperaturas nocturnas que el resto del grupo; en similares condiciones pero en menor medida se encontrarían las estaciones E6 y E9. Dentro de este grupo las estaciones con menor temperatura nocturna y mayor presencia de sequía abarcarían el área circundante a las estaciones, E7 y E10 (Figura 12).

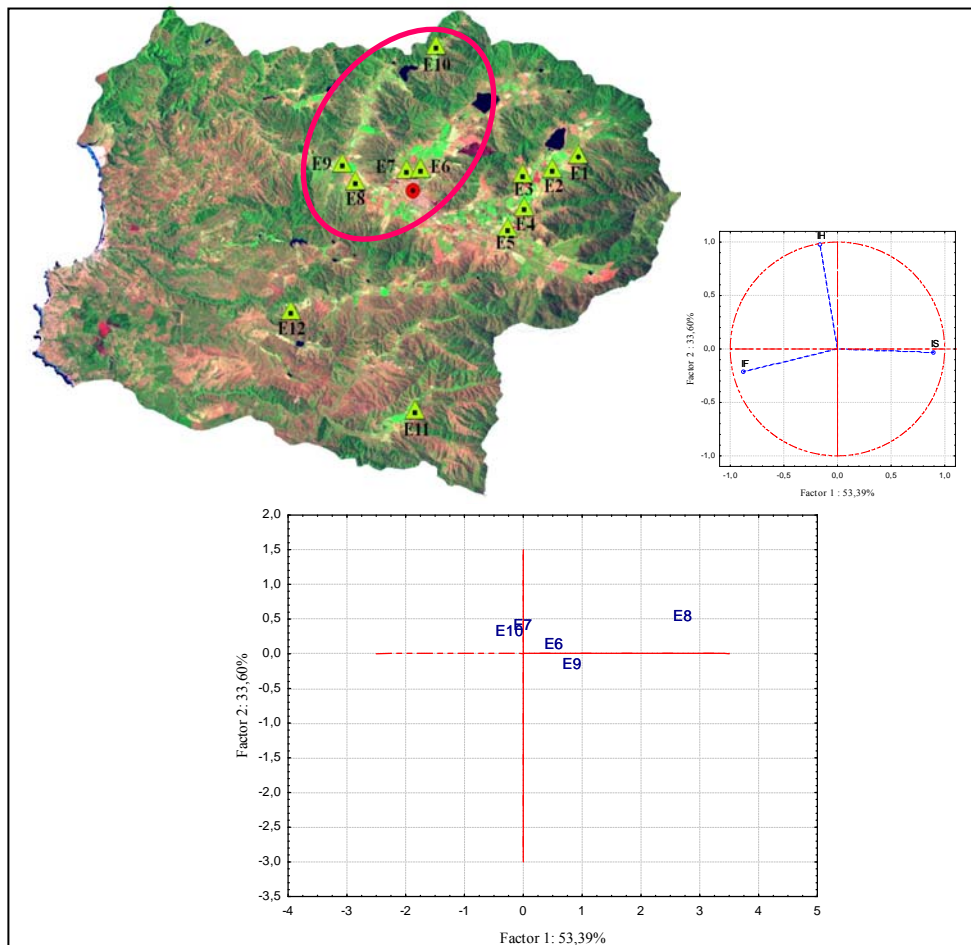


Figura 12. Estaciones pertenecientes al Grupo 2, Análisis de Componentes Principales y Círculo de Correlación, se observa la posición relativa de cada estación según los índices IH, IS e IF.

Grupo 3. Este grupo lo constituyen las estaciones ubicadas en la zona interior del valle en transición a la desembocadura del río Maipo. Se caracteriza por su escaso potencial heliotérmico, con un valor de IH promedio de 1377, correspondiente a la clase de clima vitícola Muy Frío (IH-3), siendo el grupo de menor potencial vitivinícola, en especial para variedades tintas. Este valor de IH promedio se encuentra por debajo del límite heliotérmico teórico de 1400, por lo que térmicamente no se presenta apto para el cultivo de la vid, se presume que las mantenciones técnicas de las estaciones y continuidad en la toma de datos podría ser deficitaria, debido a que la experiencia muestra la presencia de viñedos productivos en la zona. La estación E12 presenta un valor que supera los 1400 de IH pero se clasifica de igual manera como clima Muy Frío. El cultivo de variedades blancas como Gewürztraminer, Riesling, Chardonnay o Sauvignon blanc, y de cepas tintas como Pinot noir y Merlot, podría ser posible en zonas con un topoclima particular, en donde geográficamente el terreno posea características que sustenten al cultivo, como por ejemplo exposición solar suficiente para el requerimiento térmico y ausencia de factores restrictivos.

Su condición de sequía potencial al final de la temporada está definida por un IS promedio de $-119,3$ mm, esto determina que las estaciones E11 y E12 se encontrarían en presencia de Sequía Muy Fuerte. En cuanto a las temperaturas nocturnas, este grupo posee un IF promedio de $7,9$ °C (noches Muy Frías), siendo las estaciones E11 y E12 las de mayor valor de temperaturas nocturnas en el estudio, probablemente producto del encajonamiento de los viñedos y su cercanía a la costa que amortiguarían las situación.

En el círculo de correlaciones se puede apreciar que dentro de este grupo la estación con noche mas frías correspondería a la estación E12 y sería menos húmeda que la estación E11 (Figura 13).

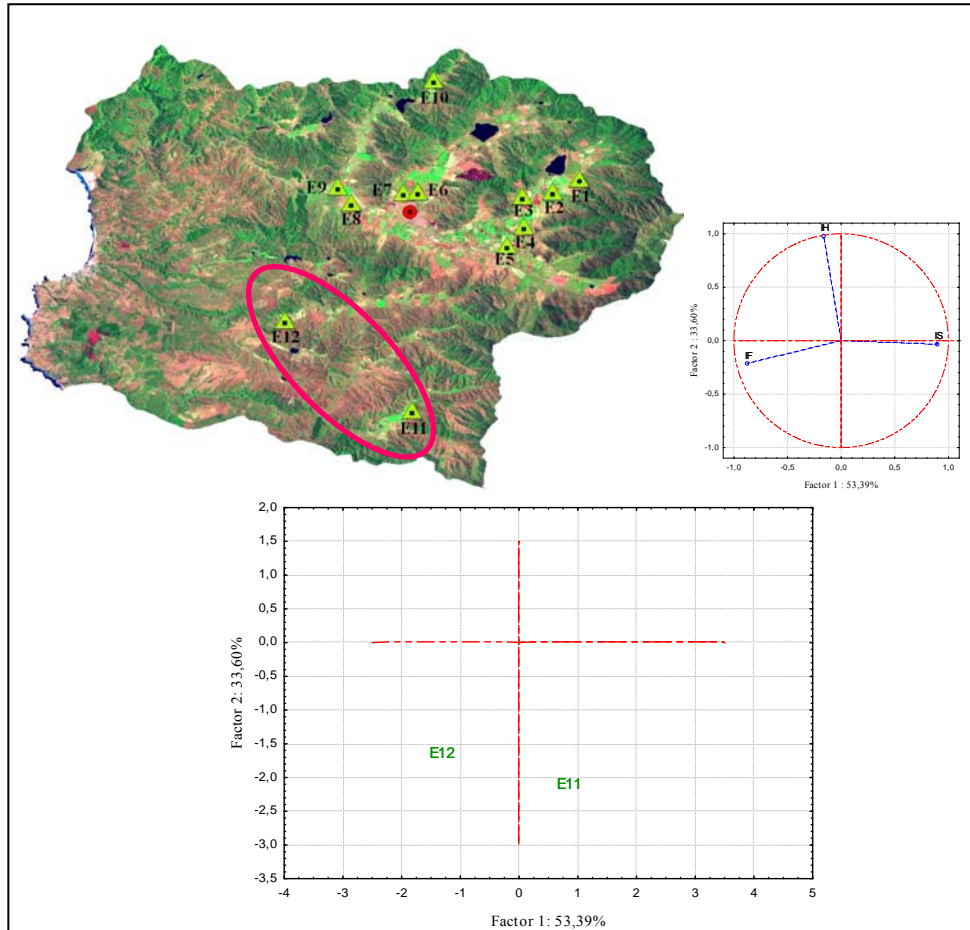


Figura 13. Estaciones pertenecientes al Grupo 3, Análisis de Componentes Principales y Círculo de Correlación, se observa la posición relativa de cada estación según los índices IH, IS e IF.

Enfrentar el cambio global, y la competitividad del rubro vitivinícola es el desafío de los productores para el futuro, para ello la utilización de metodologías de caracterización climática como herramientas que permitan generar conocimientos nuevos y más profundos es de gran importancia.

Es necesario recalcar que el uso de la tecnología (estaciones meteorológicas) es de gran ayuda para potenciar los productos vitivinícolas provenientes del valle de Casablanca. Así mismo la mantención correcta de los instrumentos y la toma de datos estandarizados y consecutivos en el tiempo es fundamental.

CONCLUSIONES

La aplicación de una metodología para caracterizar climáticamente un valle vitivinícola permite identificar zonas con diversas aptitudes y limitaciones para el cultivo de diferentes variedades de vid. El método de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geoviticola ha permitido poner en evidencia la variabilidad climática durante la temporada 2007-2008 del valle de Casablanca.

Este estudio identifica y caracteriza a tres grupos climáticos dentro del valle del Casablanca con sus respectivas variedades de climas vitícolas. Las diferentes clases de clima vitícola existentes en cada grupo climático y la aptitud climática para el cultivo diferentes variedades de *Vitis vinifera* dentro del valle de Casablanca se explica principalmente por la variación de los valores del Índice Heliotérmico, que participa como mayor contribuyente en la discriminación entre los grupos encontrados. En el caso del Índice de Sequía y el Índice de Frío Nocturno las diferentes áreas de la zona de estudio presentan en su totalidad la presencia de sequía potencial (IS) al finalizar la temporada y la presencia de noches consideras como muy frías (IF) durante el período de maduración.

La caracterización climática basada en sistema de Clasificación Climática Multicriterio (CCM) Geoviticola puede ser una metodología útil para la delimitación de “terroir” vitícolas dentro de las diferentes zonas del valle de Casablanca, pero se hace necesario incorporar otros factores tales como la edafología, la topología, la meteorología en mayor complejidad, los manejos culturales y series temporales anuales de mayor continuidad para describir características generales del valle de Casablanca con su respectiva evolución en el tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN DE EMPRESARIOS VITIVINÍCOLAS DEL VALLE DE CASABLANCA, 2007. En línea: <http://www.casablancavalley.cl/>. Leído el 1 de septiembre del 2008.

ASOCIACIÓN GREMIAL NACIONAL DE INGENIEROS AGRÓNOMOS ENÓLOGOS DE CHILE . INFORME DE VENDIMIA TEMPORADA 2005-2006. En línea: http://www.vinasdechile.cl/archivo_newsletter/informe_vendimia_2006.pdf. Leído 23 de junio del 2007.

BECKER, N. J. 1985. Site selection for viticulture in cooler climates using local climatic information. Proceedings of the International Symposium on Cool Climate, Viticulture and Enology. D. A. Heatherbell, P. B. Lombard, F. W. Bodyfelt and S. F. Price (Eds.). pp. 20-34.

BOIS, B. 2004. Variabilité mesoclimatique à l'intérieur du département de la Gironde et son impact sur la culture de la vigne: application à un modèle de bilan hydrique. Tesis Master. Université Víctor Segalen, Bordeaux 2. Bordeaux, Francia. 53p.

BONNARDOT, V.2003. The sea breeze: a significant climatic factor for viticultural zoning in coastal wine growing areas. IV Symp. Intr. Zoning vit. 339 - 343.

DELOIRE, A., M. FERRER. y A. CARBONNEAU. 2003. Respuestas de la viña al Terroir. Elementos para un método de estudio. Agrociencia: Vol.VII N°1, 105-113.

DIRECCION METEOROLOGICA DE CHILE.

En línea: http://www.meteochile.cl/climas/climas_quinta_region.html

Leído 10 de noviembre del 2009

FERRER, M., R. PEDOCCHI, M. MICHELAZZO, G. GONZÁLEZ NEVES, y A. CARBONNEAU, 2007. Delimitación y descripción de regiones vitícolas del Uruguay en base al método de clasificación climática multicriterio utilizando índices bioclimáticos adaptados a las condiciones del cultivo. Agrociencia Vol. XI N°1, 47-56.

FREGONI, M y M. GATTI.2007. Cambios climáticos y desertificación: la viticultura mundial reaccionará en función de la latitud. Enología 2, 1-9.

GOBAL LAND COVER FACILITY, 2001. Imagen landsat Etm+ del año 2001.

En Línea : <http://glcfapp.glc.f.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

HERNANDEZ, A. y PH.PSZCZOLKOWSKI.1986. La vigne et le vin au Chili. XXI Congres International de la Vigne et du Vin, Fac. Agronomie, P. U. Católica de Chile, 253 pp.

HORMAZÁBAL, S. et G. LYON. 2000. Etude comparée du climat viticole des régions méditerranéennes de la France et du Chili et des possibilités d'application de la "Base de données-Cépages" du programme Air-1728 de l'union européenne. Tesis DAA. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, Montpellier. 176 p.

HUFTY, A., 1984: Introducción a la climatología. Ariel Geografía. Barcelona, 292 pp.

HUGLIN, P. 1978. Nouveau mode d'évaluation des possibilités héliothermiques d'un milieu viticole. C. R. Acad. Agric., 1117-1126.

HUGLIN, P. y C. SCHNEIDER. 1998. Biologie et écologie de la vigne. Lavoisier, Paris, Francia. 370p.

MONTES, C. 2006. Caracterización de la aptitud climática para el cultivo de la vid vinífera de las regiones V, VI, VII y Metropolitana .Chile.55p.

MORLAT, R., C. ASSELIN, J. PAGES, H. LEÓN, J. ROBICHET, M. REMOUE, J.SALETTE y M. CAILLE. 1984. Le milieu viticole: sa caractérisation intégrée et son influence sur le vin (application au vignoble rouge du Val de Loire). Bull. de l'OIV,643- 644: 707-728.

MÜLLER, K. 2001. Exploitation d'une base de données de maturité de la baie de raisin. Evaluation de l'incidence de la composante mesoclimate au moyen d'indices bioclimatiques viticoles. Application au département du Gard. Tesis DAA. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Montpellier, Francia. 58p.

MYERS, N., MITTERMEIER, R., MITTERMEIER, C., DA FONSECA, G. y J. KENT. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403: 853-858.

PSZCZÓLKOWSKI, PH. 1998. Perfil de la Viticultura Chilena: variedades para vinos finos y varietales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago. Chile. 15p.

RIBEREAU-GAYON, J. y E. PEYNAUD.1982. Ciencia y Técnicas de la Viña. Editorial Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires. Argentina. 671p.

RIOU, C., P. PIERI et B. LE CLECHZ. 1994 Consommation d'eau de la vigne en conditions hydriques non limitantes. Formulation simplifiée de la transpiration. Vitis 33: 109-115.

SANTIBAÑEZ, F., F. DIAZ, C. GAETE, S. DANERI, S. y D. DANERI. 1989. Agroclimatología y Zonificación de la Región Vitivinícola Chilena: bases para la denominación de origen de los vinos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile. 50 p.

TONIETTO, J. 1999. Les macroclimats viticoles mondiaux et l'influence du mésoclimatsur la typicité de la Syrah et du Muscat de Hambourg dans le Sud de la France: méthodologie de caractérisation. Tesis Doctoral. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. Montpellier, Francia. 233 p.

TONIETTO, J. y A. CARBONNEAU. 1999. Análise mundial do clima das regiões vitícolas e de sua influência sobre a tipicidade dos vinhos: a posição da viticultura brasileira comparada a 100 regiões em 30 países. In: Congresso Brasileiro de Viticultura e Enologia, 9., 7 a 10 de dezembro de 1999, Bento Gonçalves. Anais. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho/Jorge Tonietto e Celito C. Guerra, ed. p.75-90.

TONIETTO, J. y A. CARBONNEAU. 2004. A multicriteria climatic classification system for grape-growing regions worldwide. *Agric. For. Meteorol.* 124 (2004) 81–97.