La dimensión climática del *Terroir*

Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Agronómicas

Morales S. Luis. Físico. Dr.

La palabra *'terroir'* deriva del mundo rural francés y es un concepto complejo, pero lo podemos entender como un espacio geográfico particular que se caracteriza por elementos y factores propios que le asignan características únicas a un producto final, el vino, y diferenciable de otros.

El clima es un factor primordial para la expresión del *terroir* en una zona vitícola. La variabilidad climática se encuentra fuertemente vinculada a la topografía y a otros parámetros geográficos, por ello, es necesario conocer el clima a nivel local en términos espaciales para una planificación adecuada a nivel

En primera aproximación podemos pensar que los factores básicos del *terroir* son el agroclima y el tipo de suelo, sin embargo, los factores derivados del acervo cultural, el manejo agronómico del viticultor y las decisiones del enólogo resultan igualmente fundamentales en el producto final. Este artículo muestra al clima como un componente importante del *terroir*. Sin embargo, una definición espacial adecuada lo convertirá en una herramienta útil para definirlo a nivel territorial y usarlo para la toma de decisiones.

Conceptos fundamentales

Debemos mencionar que no es posible asignar una disciplina única al estudio del *terroir*, debido a que para identificarlo se recurre a conocimientos y métodos propios de múltiples disciplinas. Para su estudio es necesario integrar profesionales de la agroclimatología, suelos, estadística, agronomía y enología, entre otros. El *terroir*, por lo tanto, a nivel de la geografía rural, engloba la idea de espacio geográfico, potencialidades agronómicas, la historia y tradiciones locales. Por ello escuchamos "... en el vino se siente el *terroir*...", "… hay un gusto al terruño …", y otras expresiones similares. Por lo tanto, estamos hablando de una asociatividad entre lugar donde se produce el vino y el factor diferenciador y de calidad que lo hacen distinguible. Finalmente, podemos decir que en el *terroir* existe una identidad en el vino, ligada con conceptos etnológicos, sociológicos y culturales del espacio geográfico de origen.

En la práctica, el *terroir* es un espacio geográfico que puede ser estimado como la interacción entre los elementos y los factores que lo definen y que finalmente le darán las características distinguibles al vino como producto final. Entre los factores que definen al *terroir* podemos mencionar el *agroclima* y el tipo de suelo, y aquellas intervenciones derivadas del manejo agronómico de un viticultor, incluyendo prácticas como el riego o

la fertilización. Esta interacción desempeñará un papel fundamental en la "personalidad" final del vino que de allí se obtenga.

Para identificar y dimensionar espacialmente el *terroir*, es necesario conocer los elementos y los factores que lo determinan. En la Tabla 1 se muestran algunos de los factores y elementos a partir de los cuales podemos conocer la variabilidad espacial de una localidad.

Tabla 1.- Algunos de los factores y elementos identificados que interactúan para la definición del *terroir*.

Factores	Elementos
Agroclimáticos y microclimáticos	Precipitación Temperatura Humedad relativa Radiación solar Horas de Sol Viento
Geográficos	Altitud Exposición Pendientes Geomorfología
Pedológicos	Roca madre Textura Estructura Composición Fertilidad Drenaje Subsuelo
Biológicos	Variedad Clon Portainjerto Enfermedades y plagas Microflora y microfauna
Culturales	Grupos étnicos Acervo cultural local Tradiciones Manejo agronómico

Los tres primeros factores definen una dimensión territorial, esto es las unidades de *terroir* ambiental (UTA) y es la propiedad que caracteriza edafoclimáticamente el territorio. Lo anterior se debe, fundamentalmente, a que en primera aproximación el suelo y el agroclima son las propiedades básicas y están asociadas al lugar donde se encuentra ubicada la viña. Sin embargo, el factor diferenciador son los suelos al interior de la zona vitícola. En efecto, si consideramos una denominación de origen específica, los vinos que allí se producen están diferenciados por las características del suelo. La segunda dimensión del *terroir* es el caracterizado por la unión de variables UTA, con las unidades vitícolas del *terroir* (UVT) como la variedad, prácticas agronómicas y enológicas. La Figura 1 muestra los conceptos anteriores como una aproximación metodológica al concepto de *terroir*.

Aproximación Agroclimática

El agroclima es una propiedad del territorio, normalmente amplia desde el punto de vista geográfico, por ello que es importante contar con una zonificación agroclimática. Esta zonificación corresponde a la detección de áreas geográficas homogéneas en cuanto a sus características agroclimáticas. A nivel mundial y nacional se han desarrollado diversos métodos de clasificaciones climáticas, las cuales se diferencian en el método utilizado, las escalas cartográficas en que se han realizado y el uso de la tecnología disponible en la época en que se han generado. En la última década diversas plataformas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), elaboración de métodos geoestadísticos avanzados y la teledetección, han permitido la generación de distintas zonificaciones con mayor grado de precisión. Entre ellas, se conocen las realizadas en Francia

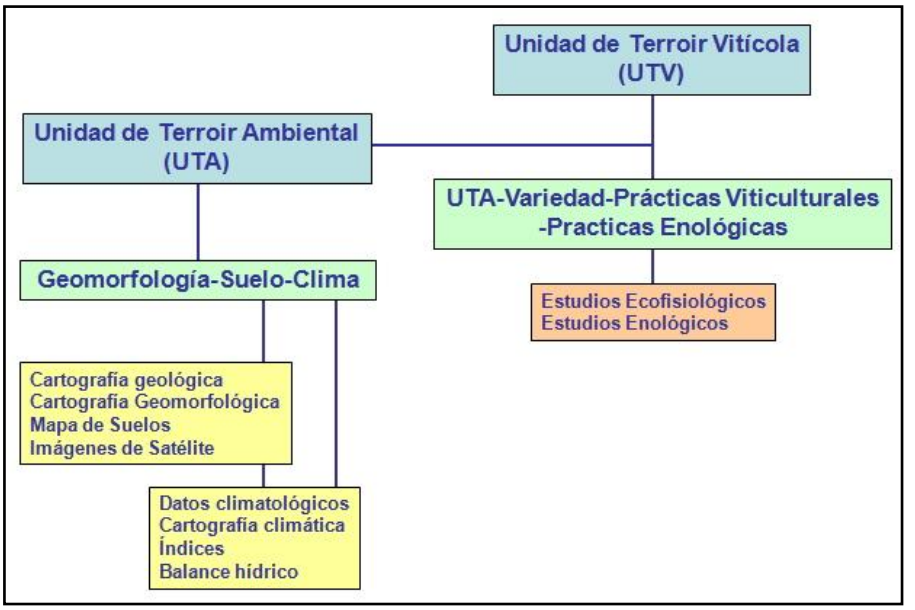


Figura 1. Aproximación metodológica al concepto de *terroir* vitícola.

para el cultivo de la vid y la producción de vinos, integrando características climáticas, edáficas y productivas en el concepto de *Terroir*, o las realizadas en Alemania con miras a detectar las condiciones microclimáticas. En Chile se han realizado varias aproximaciones a la zonificación agroclimática, realizadas con distintos métodos pero con resultados similares; sin embargo la diferencia radica en la resolución del cálculo. Los objetivos asociados a la identificación de las áreas agroclimáticas están identificados con la aptitud agroclimática que presentan variedades de importancia en distintos valles en Chile. En efecto, a estas áreas homogéneas por agroclima se le asocian los factores que condicionan la calidad de la uva y finalmente el vino. Este esfuerzo metodológico apunta a potenciar y optimizar la calidad del vino, lo que permitiría la consolidación del producto y el desarrollo en el lugar de origen.

En el último tiempo han existido avances tecnológicos en cuanto al análisis y tratamiento de los datos y las relaciones espaciales mediante modelos de regresión múltiple de carácter global y local, los cuales permiten la generación de cartografía agroclimática de precisión, tanto a nivel territorial como local. De igual manera, la adecuación de muchos de estos modelos a los SIG ha permitido aplicaciones a grandes volúmenes de datos espaciales, hecho que ha resultado en una gran mejora en clasificaciones agroclimáticas. Los resultados de estas clasificaciones ahora se encuentran en formato digital, lo que permite el manejo, actualización y consulta de los datos con un programa computacional. La idea es que a que a partir de la información agroclimática generada sea posible construir un sistema de gestión del territorio en relación a la producción vitícola. Este tipo de sistema debería ser utilizado para responder a preguntas básicas dentro de la producción, como por ejemplo "¿Si se desea introducir cepas nuevas, en qué lugar del territorio debo hacerlo?", "¿Dónde la adaptabilidad de una variedad se optimiza en el territorio?", o "¿Dónde se encuentran las características óptimas para producir determinados vinos Premium?", entre algunas. Las preguntas anteriores no pueden ser respondidas sólo con información agroclimática, sino que además debemos contar con información de suelos de suficiente detalle. La Figura 2 muestra una zonificación edafoclimática desarrollada para la Región de la Araucanía a una escala 1:250.000 bajo ambiente de GoogleEarth, construida para la gestión del cultivo de cereales. En la Figura 3 se muestra una visión 3D de la Figura 2, donde se destaca la consulta directamente sobre ella por el usuario.

La zonificación edafoclimática mostrada en la Figura 2, que corresponde a áreas homogéneas de suelo y clima, fue calculada a partir de la generalización de las series de suelos, de tal forma de obtener una aproximación 1:250.000. El agroclima fue calculado a partir de información proveniente de la red de estaciones meteorológicas con que cuenta la Región de La Araucanía. A partir de modelación topoclimática se construyeron las cartografías base de las variables climatológicas como precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa y viento. A partir de ellas se estimaron variables derivadas, como evapotranspiración, días grado, horas de frío e índices agroclimáticos específicos.

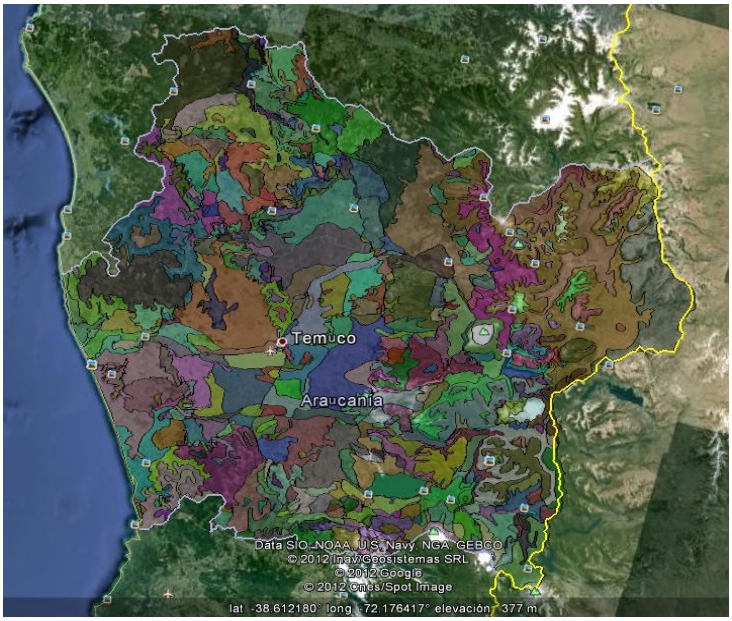
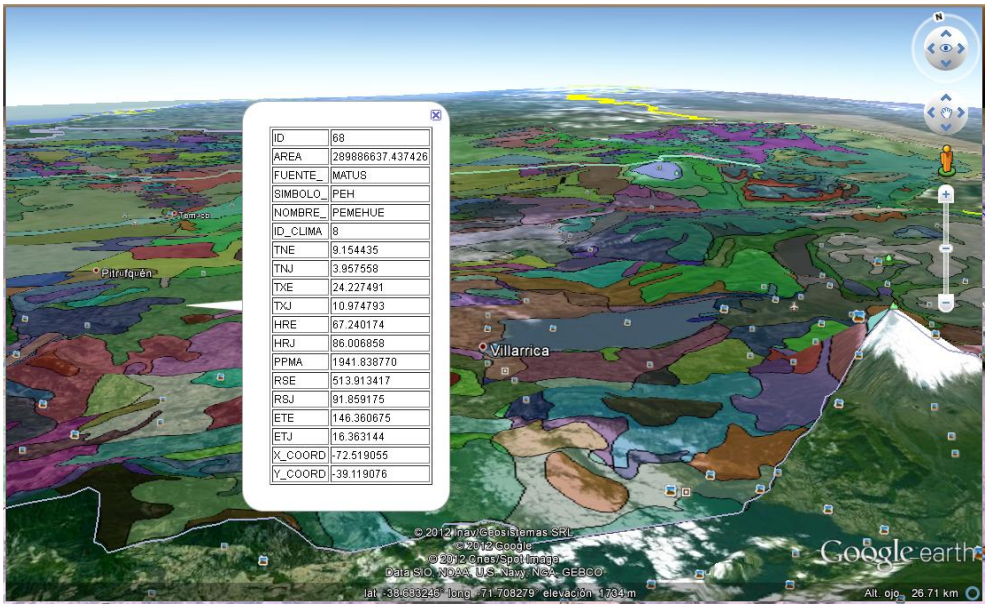


Figura 2.- Zonificación edafoclimática de la IX Región de La Araucanía, Chile.

La Tabla 2 muestra algunos de los índices bioclimáticos utilizados en estudios vitícolas, donde la simbología muestra las variables: T_M, T_N, T_X que corresponden a la temperatura media, máxima y mínima diaria, respectivamente; d es un coeficiente de corrección (1,02 – 1,06) que depende de la latitud y está asociado a la duración del día; h es la duración del día en horas; Pa es la precipitación anual; P es la precipitación mensual. La Figura 4 muestra dos ejemplos de la modelación topoclimática para las variables de temperatura media anual (4a) y precipitación media anual (4b) en la Regiones de Valparaíso y Metropolitana a una escala 1:250000.



ID	68
AREA	289886637.437426
FUENTE_	MATUS
SIMBOLO_	PEH
NOMBRE_	PEMEHUE
ID_CLIMA	8
TNE	9.154435
TNJ	3.957558
TXE	24.227491
TXJ	10.974793
HRE	67.240174
HRJ	86.006858
PPMA	1941.838770
RSE	513.913417
RSJ	91.859175
ETE	146.360675
ETJ	16.363144
X_COORD	-72.519055
Y_COORD	-39.119076

Figura 3. Vista 3D de una consulta de la Zonificación edafoclimática de la IX Región de La Araucanía, por un usuario usando GoogleEarth.

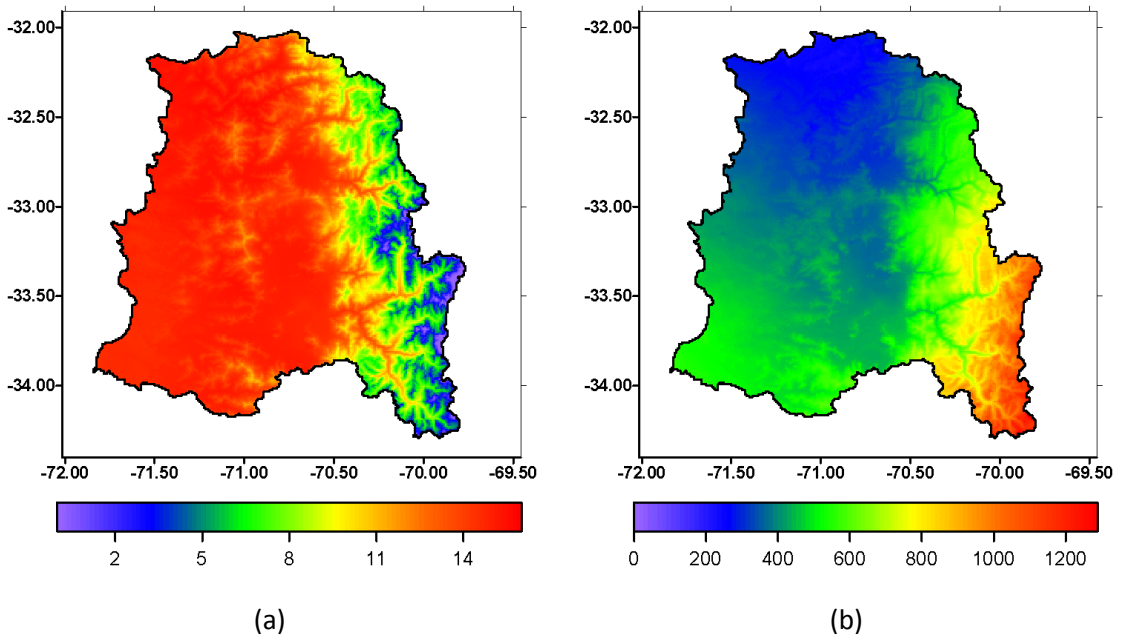


Figura 4.- Variabilidad espacial de la temperatura media anual (a) y la precipitación media anual (b) en la Regiones de Valparaíso y Metropolitana, Chile, a una escala 1:250000

Este tipo de zonificación puede ser realizado a una escala de mayor detalle, pero para ello la zonificación agroclimática debe encontrarse a un mayor nivel de detalle. Sin embargo presenta algunos problemas debido a que la densidad de estaciones meteorológicas en Chile actualmente aún es insuficiente para llegar a una escala de mayor detalle. Con la densidad actual y las series de tiempo que se poseen, la escala máxima de resolución agroclimática sería 1:250000. Lo anterior condiciona fuertemente la zonificación, sin embargo a nivel predial esta carencia puede solucionarse con la implementación de sensores al interior de los cuarteles.

Tabla 2.- Algunos índices bioclimáticos utilizados en estudios de viticultura.

Indice	Ecuación	Fuente
Winkler (IW)	$\sum\left[\left(\frac{T_x+T_N}{2}\right)-10\right]$	Amerine and Winkler, 1944
Huglin (IH)	$\sum\left[\frac{T_M-10\ +\ T_X-10}{2}\right]\cdot d$	Huglin, 1978
Heliotérmico Branas (IHB)	$\sum T_M-10\ \cdot\sum h\cdot 10^{-6}$	Branas, 1974
Hidalgo (IBH)	$\sum T_M-10\ \cdot\sum I_e\cdot 10^{-6}\ /P$	Hidalgo, 2002
Nictérmico (INI)	$T_N(Marzo)$	Tonietto, 1999
Continentalidad (IC)	$T_M(Enero)-T_M(Julio)$	Gladstones, 1992

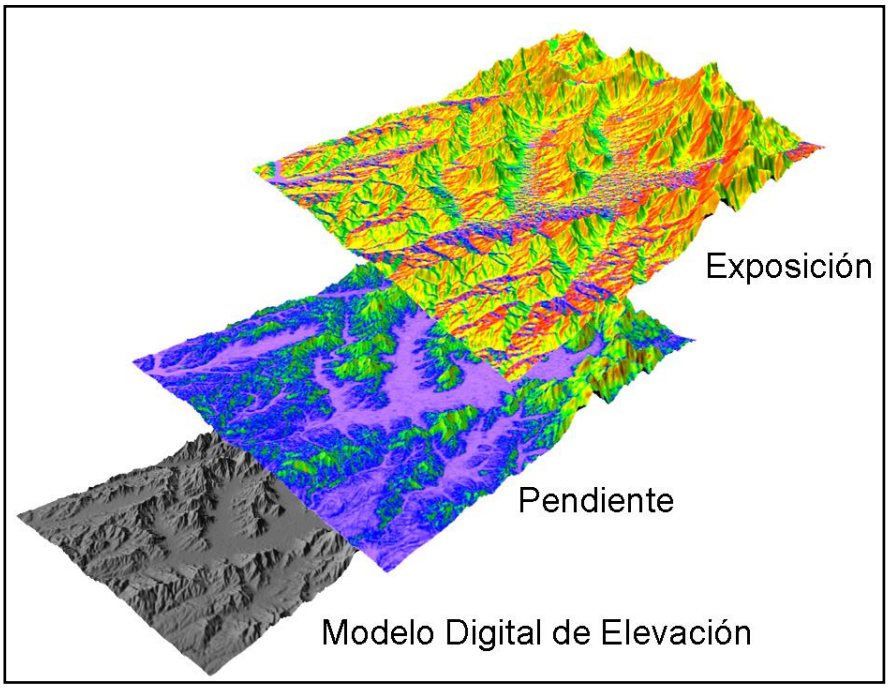


Figura 5.- Ejemplo de un modelo digital de elevación ASTER, de 30 metros de resolución espacial, mostrando los valores de pendiente y exposición al sol calculados desde esos datos.

Zonificación agroclimática de precisión

Cuando se cuenta con información meteorológica de una red de estaciones a escala regional, y además una red de estaciones a nivel predial, es posible realizar una zonificación agroclimática de precisión. Aplicando modelación topoclimática y utilizando información de precisión, como por ejemplo, un modelo digital de elevación ASTER (www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/4.html), con una resolución de 30 m, mostrado en la Figura 5, se pueden estimar a partir de estos datos algunas variables, como exposición y pendiente.

A nivel de predio o cuartel, la variabilidad microclimática y del suelo es compleja, sin embargo se pueden extraer algunas regularidades espaciales que permiten zonificar y encontrar áreas homogéneas para un manejo y cosecha diferenciada. Tradicionalmente, una zonificación a nivel predial o territorial, según sea el caso, se basa en clasificaciones y análisis estadístico multivariable, los cuales permiten sobre bases sólidas, objetivas y repetibles, agrupamientos a nivel del cuartel. Los métodos y criterios usados para agrupar están en relación con el muestreo *in-situ* y el número de variables usadas. En el caso de las variables climatológicas es posible utilizar modelación topoclimática para caracterizar espacialmente alguna variable, como precipitación, temperatura mínima, temperatura máxima o humedad relativa. La literatura muestra que muchos autores para modelar las variables climatológicas utilizan variables auxiliares como la posición geográfica, distancia a los ríos y cuerpos de agua, y variables estimadas a partir de imágenes de satélite de alta resolución. La Figura 6 muestra un ejemplo de la modelación topoclimática del (a) Índice de Winkler (Septiembre a Abril) y (b) el número de horas de frío promedio para una localidad de la Zona Central de Chile. En esta modelación se utilizó como variables descriptoras la posición geográfica, la altitud, distancia a la red hídrica, distancia al Océano Pacífico y una imagen promedio del índice de vegetación de diferencia normalizada, calculado a partir de imágenes del sensor MODIS del satélite TERRA.

A partir de este tipo de modelación es posible llegar hasta el nivel predial, considerando inclusive el nivel de error de la estimación. Para aumentar la precisión en la modelación topoclimática es necesario recurrir a métodos

que minimicen la varianza del error, lo que se logra a partir de los métodos geoestadísticos. Sin embargo, es necesario realizar una estimación local, esto es el modelo utilizado debe tener en cuenta la variabilidad espacial de cualquier parámetro y variable utilizada en la modelación topoclimática. Existen muchos métodos desarrollados y utilizados en agricultura de precisión y que poseen similares resultados. Sin embargo aquellos que utilizan algoritmos locales o promedio de modelos resultan ser los que presentan un menor error. En este sentido, los mapas mostrados en la Figura 6 fueron calculados a partir de estas hipótesis matemáticas. La resolución espacial es fundamental para lograr el nivel de análisis deseado, sin embargo el aumento en ella trae consigo mayores requerimientos en datos y costos asociados.

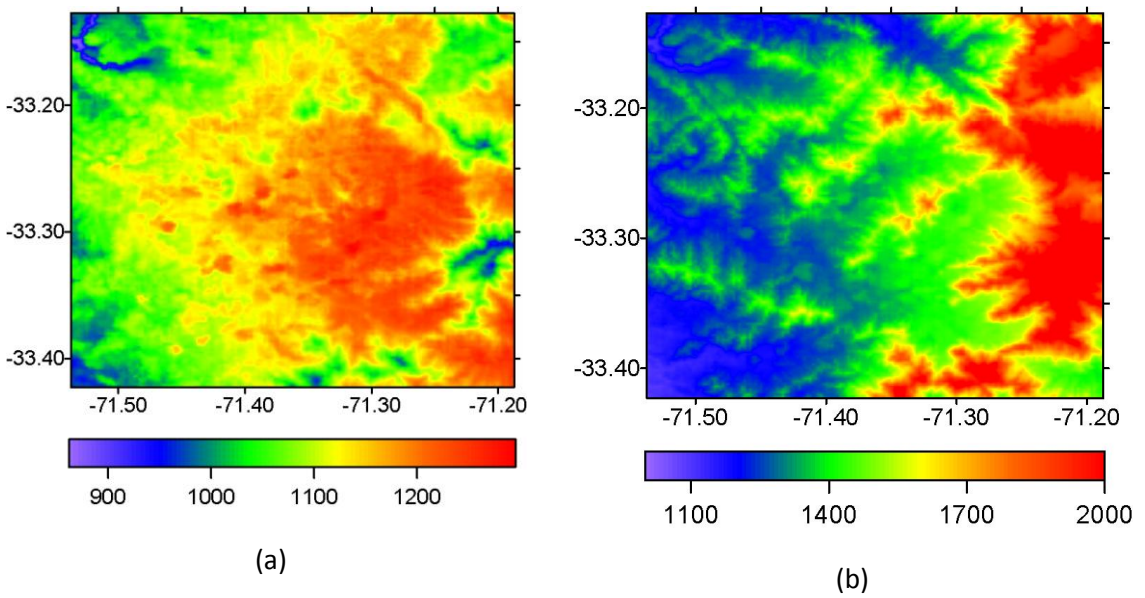


Figura 6.- (a) Variabilidad espacial del índice de Winkler (Septiembre – Abril) y (b) horas de frío medias anuales en una localidad de la Zona Central de Chile.

Una vez que se cuenta con un conjunto de variables climatológicas especializadas mediante modelación topoclimática, es necesario proceder a agrupar en áreas o zonas homogéneas al interior del predio. El objetivo es determinar la asociatividad entre la zonificación a realizar y la viña, y conocer la aptitud de ésta al interior del predio. Para lograr lo anterior existen en la literatura métodos estadísticos de agrupamiento (Cluster) o métodos de análisis multicriterio, donde ambos persiguen la tematización de las propiedades agronómicas del predio. Los métodos los podemos resumir en: (a) modelos mecanísticos que se basan en la teoría de sistemas, (b) modelos cuantitativos que conectan los datos de entrada y salida por medio de una ley estadística, y (c) los modelos cualitativos que se basan en la integración de múltiples variables y criterios con reglas de decisión establecidas. La Figura 7 muestra una zonificación microclimática para un predio de la Región de Coquimbo, donde los números representan las zonas microclimáticas en su interior.

Las zonas microclimáticas mostradas en la Figura 7 corresponden a lugares al interior del predio con características y comportamiento similares. Asociado a estas áreas se cuenta con una base de datos de las variables agroclimáticas, ya que el objetivo de este análisis es la consulta directamente con el *Mouse* del computador para acceder a los valores de cada área de la zonificación. Si el viticultor posee experiencia o formación en sistemas de información geográficas podría generar todo un sistema de gestión de su predio, cuartel a cuartel. Hoy la tecnología permite el seguimiento y labores en el viñedo a partir de software, y además se puede interactuar con él sobre un mapa.

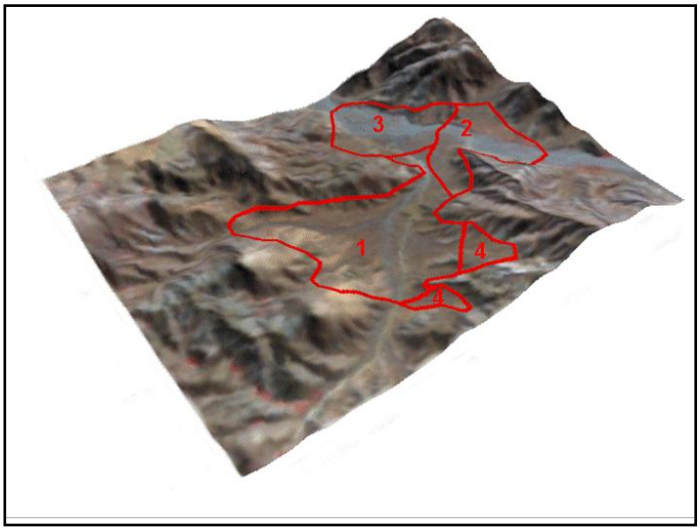


Figura 7.- Zonificación Agroclimática de precisión para un predio de la Región de Coquimbo, donde los números corresponden a zonas microclimáticas.

Referencias

Díaz M. D., L. Morales S., G. Castellaro G., and F. Neira R. 2010. TOPOCLIMATIC MODELING OF THERMOPLUVIOMETRIC VARIABLES FOR THE BÍO BÍO AND LA ARAUCANÍA REGIONS, CHILE. Chilean Journal of Agricultural Research, 70(4), p. 604-615.

Meza, F., Pszczólkowski, P. y Kosiel, K. 2006. DESCUBRIR EL *TERROIR* VITÍCOLA. Agronomía y Forestal U.C. 30, p. 22-25.

Morales L., F. Canessa, C. Mattar, R. Orrego y F. Matus. 2006. CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN EDÁFICA Y CLIMÁTICA DE LA REGIÓN DE COQUIMBO, CHILE. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal. Vol 6(3), p. 52-74.

Seguin, G 1986. *TERROIRS* AND PEDOLOGY OF WINE GROWING. Experientia, 42, 861-873.

Vaudore E.. 2003. LES *TERROIRS* VITICOLES. DEFINITIONS, CARACTERISATION, PROTECTION. Ed. Dunod, Paris, p. 294.

Van Leeuwen C., Bois B., Pieri P., Gaudillere J.-P.. 2007. CLIMA COMO UN COMPONENTE DEL *TERROIR*. Revista Enología, N°2.

Dr. Luis Morales Salinas
Académico
Depto. Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables.
Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile