

Modelación topoclimática

Descubrir el terroir vitícola

Francisco Meza / fmeza@uc.cl
Philippo Pszczółkowski / philippo@uc.cl
Klaus Kosiel / kpkosiel@uc.cl

Uno de los grandes diferenciadores comerciales y de calidad del vino es el terroir, es decir de dónde provienen y bajo qué condiciones climáticas y de suelo estuvieron las uvas que le dieron origen al producto final. A través del estudio “Desarrollo de modelos topoclimáticos para la generación de información micro y meso meteorológica de mayor resolución espacial y temporal: Aplicaciones productivas y diferenciación de vinos bajo el concepto de terroir”, un equipo de investigadores busca incrementar la resolución espacial y temporal de las variables meteorológicas que inciden sobre el desenvolvimiento de la vid para, entre otras cosas, describir con mayor propiedad el terroir vitícola de la región y explorar su efecto sobre las propiedades organolépticas de sus vinos.

Las características climáticas observadas en gran parte de Chile Central constituyen uno de los pilares fundamentales para el éxito de la actividad vitivinícola y se han convertido en poderosas aliadas para el desarrollo de un producto de reconocido prestigio y calidad.

No obstante, aún queda mucho por explorar sobre las interacciones y características climáticas de una temporada y región y los atributos cualitativos de los vinos que ahí se producen. Si las condiciones meteorológicas son efectivamente una ventaja que nos confiere una posición privilegiada, debemos ser capaces de sacar el mayor provecho al “Capital Climático” de nuestras localidades.

Es así, como el terroir Vitícola cobra protagonismo. Éste se caracteriza por la asociación “clima-suelo-planta” al cual se suman las ciencias enológicas y el hombre. El principal objetivo de agrupar estos elementos y darles un carácter unitario, es comunicar la naturaleza del paisaje geográfico y cultural en el que el vino es producido, de manera que el consumidor pueda establecer un vínculo más profundo con el producto.

Por ello existe un interés creciente en comprender a cabalidad las interacciones que el medio ambiente físico establece con el viñedo, de manera que tanto el manejo agronómico como la estrategia comercial se orienten a potenciar aquellos elementos que impriman un sello cualitativo sobre el vino.



Figura 1. Mapa de relieve derivado del modelo de elevación digital del Valle del Maipo Alto.

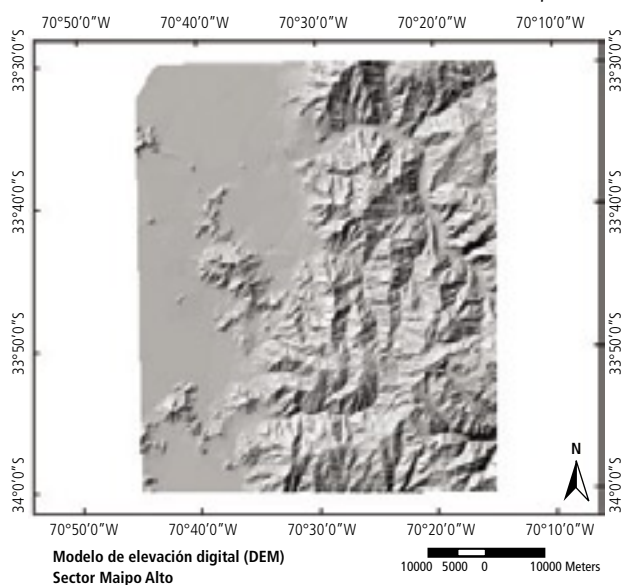
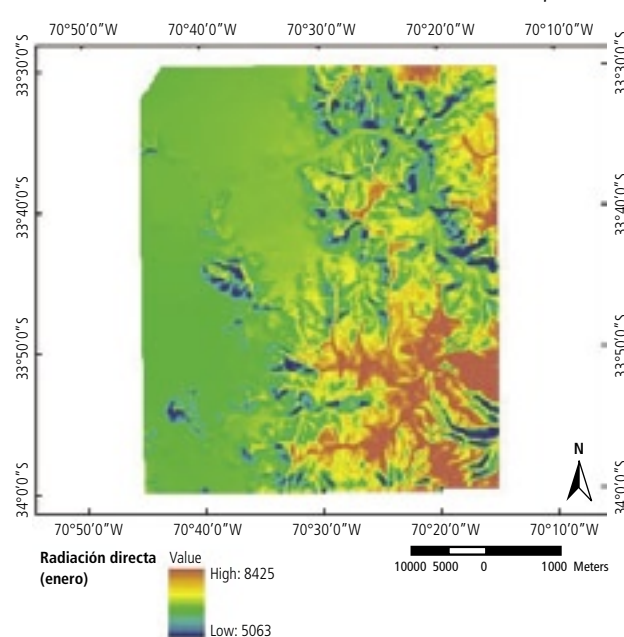


Figura 2. Mapa de radiación solar promedio para un día despejado de enero en el Valle del Maipo Alto.



Agrometeorología y terroir

La descripción climática tradicional se basa en la caracterización general de los recursos atmosféricos, por ejemplo: temperatura, radiación solar y precipitaciones, entregando información a escalas espaciales y temporales que son insuficientes para una diferenciación de valles y temporadas de crecimiento con propiedades específicas.

Los factores meteorológicos son, sin duda, afectados por características de las localidades: cuando se habla de valles de un determinado río, se omite el hecho que el eje longitudinal presenta variantes climáticas y de suelo que representan un mosaico de influencias topográficas y costeras.

Existe un segundo componente de variabilidad de gran relevancia. El clima es dinámico en el tiempo, de modo que las zonas son representadas de mejor forma en la medida que cuenten con registros históricos cuya extensión permita inferir las propiedades estadísticas de su variabilidad. En este sentido, una característica particular de algunas zonas, como Chile Central, es la posibilidad de asociar los patrones de variabilidad temporal a patrones de escala global como el fenómeno de El Niño.

Para asegurar que la descripción del terroir se base sobre elementos objetivos,

se debe contar con herramientas de análisis que permitan identificar la influencia de las características mesoclimáticas, las del territorio (pendiente, exposición y altitud) y las propiedades del suelo sobre las del vino. Esto trae consigo tres desafíos importantes para la agrometeorología:

- Aumentar la resolución espacial de las variables meteorológicas: Para la correcta caracterización del Terroir vitícola es necesario representar explícitamente las modificaciones ambientales que introducen los elementos del territorio.
- Analizar la variabilidad temporal de las condiciones meteorológicas: Las especies vegetales responden ante la dinámica diaria de la atmósfera, pero ella no presenta ciclos predeterminados entre las distintas temporadas. Por ello se debe contar con registros confiables de condiciones meteorológicas con una extensión tal que permita caracterizar su variabilidad.
- Identificar índices bioclimáticos que tengan una asociación directa con los atributos cualitativos del vino: Puesto que el clima es el producto de la combinación de variables meteorológicas, el análisis de cada localidad se ve facilitado en la medida que se cuen-

te con indicadores sintéticos de las propiedades relevantes. Por ejemplo, el análisis de sumas térmicas (grados-día acumulados), permite describir el comportamiento fenológico de una variedad y determinar parcialmente su grado de adaptabilidad.

Una limitación para abordar estos aspectos lo constituye la escasez de estaciones meteorológicas en las zonas de análisis. Mientras menor es la densidad de estaciones de monitoreo la posibilidad de ampliar resultados puntuales a territorios de mayor extensión se ve comprometida. Además, se da la particularidad de que se han incorporado nuevas áreas a la producción vitivinícola, en las que la influencia topográfica genera singularidades de pendiente y exposición que no son bien representadas por las estaciones actualmente vigentes. Si bien el costo de los equipos de monitoreo ha bajado en los últimos años, la posibilidad de incrementar la densidad de estaciones para alcanzar la resolución espacial (y temporal) que se requiere es todavía bastante remota.

Modelación topoclimática

Aún cuando la robustez de los análisis regionales mejora sustancialmente en la medida que se dispone de una red

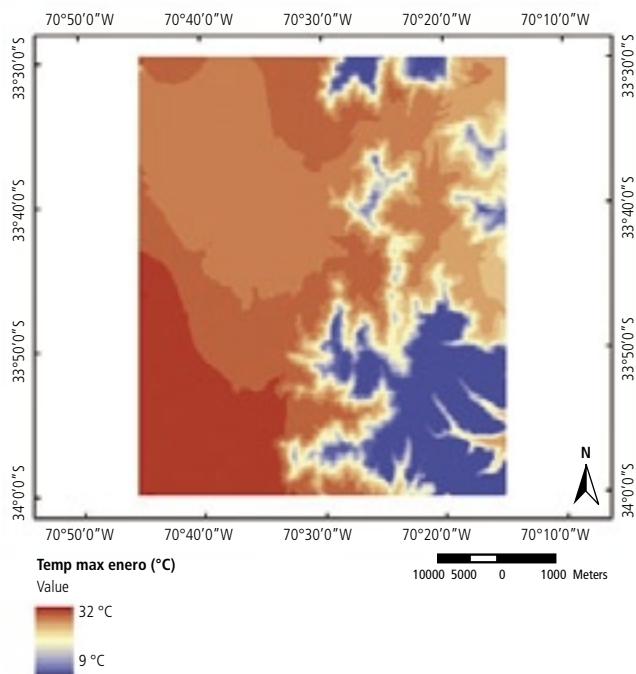


Figura 3. Temperatura máxima de enero para el Valle del Maipo Alto.

El modelo topoclimático

El modelo topoclimático se compone de tres módulos. El primero corresponde a un modelo de elevación digital, obtenido de mapas de curvas de nivel en la región de estudio (Figura 1). De este módulo se derivan propiedades como la pendiente y el aspecto o ángulo de exposición de las laderas. Como una propiedad adicional se obtiene el nivel de interferencia o sombreado que celdas adyacentes pueden establecer.

El segundo módulo corresponde a un modelo de radiación solar que descompone la energía radiante en sus elementos directos y difusos. Estos atributos son modificados de acuerdo al ángulo de incidencia del sol que depende de la latitud, época del año, hora del día, la pendiente, el aspecto y el grado de sombreado de cada unidad espacial. Un ejemplo de resultado obtenido en el módulo de radiación solar se presenta en la Figura 2.

Un tercer módulo interpola las medias de variables meteorológicas, como temperatura y presión de vapor, a través de un procedimiento denominado "Gradient Inverse Distance". Este método representa explícitamente las influencias geográficas y guarda coherencia con las observaciones hechas en la red de estaciones meteorológicas disponibles en la región.

El modelo genera la superficie de variables meteorológicas que corresponde a su promedio climatológico y también a las anomalías observadas en cada día de cada temporada. Así se compone una base de datos diaria de varias temporadas para cada punto del dominio espacial representado, cumpliendo con el requisito de ampliar la resolución espacial y temporal de los registros meteorológicos.

La Figura 3 muestra las temperaturas máximas del mes de enero en el Valle del Maipo Alto. Un mapa agroclimático basado en isoterma, generalmente representa gradientes termales en este

más completa de estaciones meteorológicas, el efecto espacial de variabilidad en los factores meteorológicos no está ajeno a las leyes de la biofísica ambiental. De esta forma, es posible representar su influencia explícitamente mediante sistemas de ecuaciones y modelos topoclimáticos coherentes y estimar las variables meteorológicas en localidades carentes de información.

A través de un estudio financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) denominado "Desarrollo de Modelos Topoclimáticos para la generación de información Micro y Meso Meteorológica de mayor resolución espacial y temporal: Aplicaciones productivas y Diferenciación de Vinos bajo el Concepto de Terroir", un equipo de investigadores del departamento de Fruticultura y Enología de la UC está trabajando en la generación de superficies de variables meteorológicas en terrenos complejos, empleando modelos topoclimáticos e información de varias estaciones meteorológicas. El modelo considera los atributos propios de la localidad tales como altura, exposición de laderas, pendiente, etc., la existencia de tasas de lapso de temperatura locales y las relaciones entre la geometría de la superficie y el ángulo de inciden-

cia solar. Estos atributos son procesados mediante sistemas de ecuaciones y los resultados son desplegados en celdas que pueden ser interpretadas por Sistemas de Información Geográfica.

El proyecto tiene por agentes asociados a la Asociación de Viticultores del Maipo Alto, quienes han constituido una red independiente de monitoreo de temperatura en el valle, para permitir un mejor análisis y validación del modelo topoclimático.

El objetivo de este estudio es incrementar la resolución espacial y temporal de las variables meteorológicas que inciden sobre el desenvolvimiento de la vid para:

- Describir con mayor propiedad el terroir vitícola de la región y explorar su efecto sobre las propiedades organolépticas de sus vinos.
- Desarrollar modelos que permitan extrapolar en forma confiable información meteorológica desde estaciones de rutina a condiciones de terrenos complejos.
- Validar índices bioclimáticos cuantitativos que se asocian a características de calidad de los vinos y explorar la adición de índices alternativos de mejor desempeño.

valle de cordillera a mar. Sin embargo, y debido a que se ha aumentado la resolución espacial, es posible apreciar en este caso diferencias interesantes en términos latitudinales.

Ventajas de la modelación topoclimática

Puesto que se ha estimado el comportamiento de las variables meteorológicas de la región asignando un valor a cada punto del espacio y día de una temporada, se cuenta en estos momentos con una base de información que se ajusta de mejor forma a los requerimientos de índices bioclimáticos que permiten la clasificación y zonificación en base a Terroir. A partir de esa información se pueden derivar propiedades tales como la amplitud térmica diaria, la acumulación de horas frío y las sumas térmicas observadas en cada temporada para cada punto del dominio espacial. Es posible incluso utilizar índices más complejos como el de Fregoni, que requiere el conocimiento de la suma de las amplitudes térmicas y el número de horas (o días) bajo un cierto umbral, sin tener

que recurrir a supuestos sobre la representatividad de valores promedio mensual en cada día.

El hecho de contar con información confiable en registros que incorporan un número mayor de años, abre la posibilidad de estudiar el potencial diferenciador que tienen no solamente las zonas de aptitud vitivinícola, sino también la identificación de temporadas en las que las condiciones climáticas favorecen la expresión de ciertos compuestos deseables, enriqueciendo el concepto de Terroir. La Figura 4 muestra la variabilidad del Índice de Fregoni en la región bajo análisis, comparando su comportamiento en las temporadas 1999-2000 y 2000-2001. Mientras que la primera muestra una acumulación consistentemente mayor en todo el valle, la segunda evidencia franjas completas en que la acumulación de este índice no fue satisfactoria.

Aún cuando se ha trabajado en una región específica, los fundamentos y procedimientos de esta metodología son válidos y aplicables a cualquier región o valle de potencial vitivinícola. El he-

cho de contar con información meteorológica e índices bioclimáticos con un nivel de resolución más acorde a los requerimientos del cultivo de la vid abre un escenario promisorio para el estudio y caracterización del Terroir.

Todavía queda mucho que avanzar en pos de una comprensión de nuestro Capital Climático. Cada etapa presenta sus desafíos, como en este caso el de brindar información relevante en la escala más apropiada para el trabajo analítico. En el futuro esta información espacio-temporal puede ser utilizada para analizar la variabilidad de los parámetros de calidad del vino, identificar años y localidades análogas que permitan anticipar ciertas características agroclimáticas y por sobre todo delimitar objetivamente, por la vía de análisis multivariante, las regiones que presenten mayor similitud en los índices bioclimáticos relevantes. 

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer expresamente a la Fundación para la Innovación Agraria (FIA) y a la Asociación de Viticultores del Maipo Alto por el apoyo en la ejecución de este proyecto.

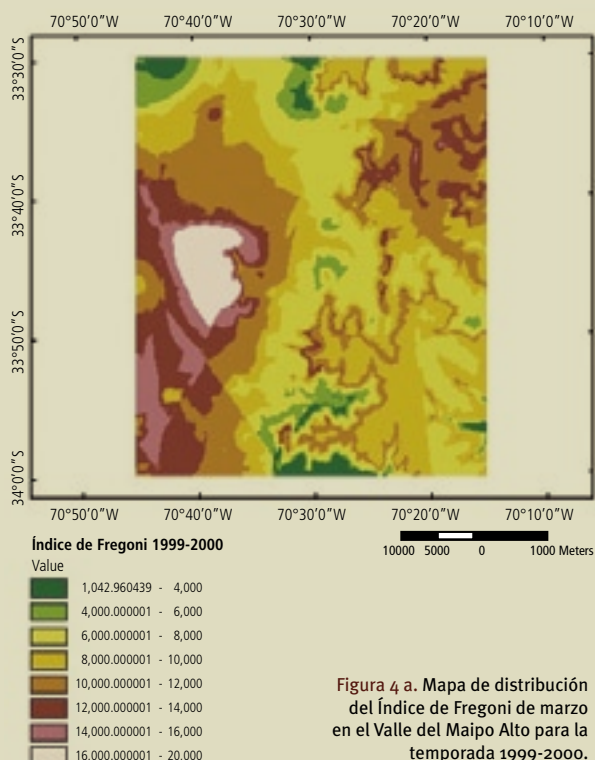


Figura 4 a. Mapa de distribución del Índice de Fregoni de marzo en el Valle del Maipo Alto para la temporada 1999-2000.

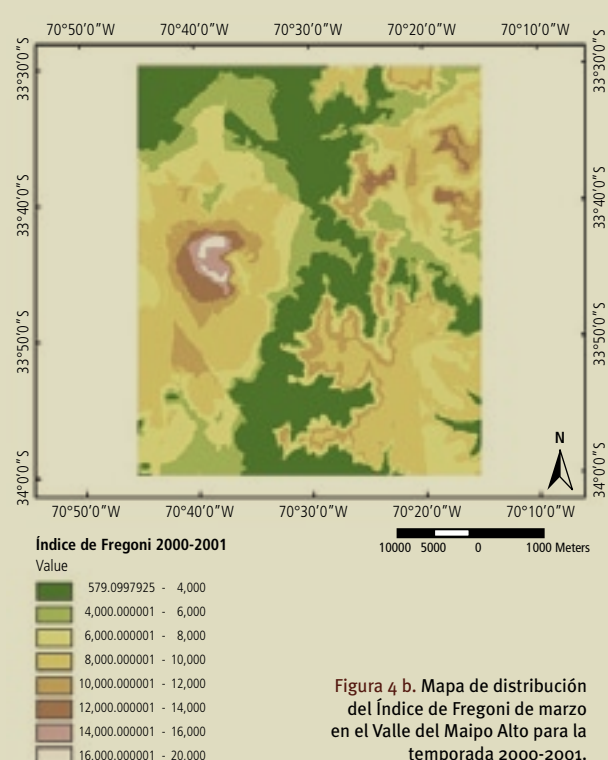


Figura 4 b. Mapa de distribución del Índice de Fregoni de marzo en el Valle del Maipo Alto para la temporada 2000-2001.