



## **Informe de la JNCC**

**No: 634**

**Un Enfoque de Capital Natural para la Planificación del Paisaje: un Proyecto Piloto en el Valle de Colchagua, Chile**

**Autor(es)**

**Olga Barbosa, Daniel Colson, A. Paz Duran, Karina Godoy, Alun Jones, Gwawr Jones, Maddie Harris, Sarah Harrison, Megan Tierney, Becky Trippier, Matt Smith y Emma Wright**

**06/2019**

**© JNCC, Peterborough 2019**

**ISSN 0963-8091**

**Para obtener más información, póngase en contacto con:**

Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza  
Casa Monkstone  
City Road  
Peterborough PE1 1JY  
[www.jncc.gov.uk](http://www.jncc.gov.uk)

Programa de Vino, Cambio Climático y Biodiversidad  
Instituto de Ecología y Biodiversidad  
Universidad Austral de Chile  
Independencia 631  
Valdivia  
Chile  
<http://www.vccb.cl/english/index.html>

**Este informe debe citarse como:**

Barbosa, O., Colson, D., Duran, P.A., Godoy, K., Jones, A., Jones, G., Harris, M., Harrison, S., Tierney, M., Trippier, B., Smith, M. & Wright, E. Un Enfoque de Capital Natural para la Planificación del Paisaje: un Proyecto Piloto en el Valle de Colchagua, Chile. Informe No 634, JNCC, Peterborough.

Este informe cumple con la Política de Garantía de Calidad de La Evidencia de JNCC

<https://jncc.gov.uk/about-jncc/corporate-information/evidence-quality-assurance/>

**Reconocimiento:**

JNCC desea agradecer a todos los viñedos que participan en el Programa de Vino, Cambio Climático y Biodiversidad y Alastair Graham de Geoger Ltd. por sus contribuciones al proyecto.

El proyecto es financiado por el Departamento de Medio Ambiente, Agricultura y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA).

## Contenido

1	Enfoque de Capital Natural para la Planificación del Paisaje: un Proyecto Piloto en el Valle de Colchagua .....	4
1.1	Objetivos del proyecto .....	4
2	Introducción .....	5
2.1	El enfoque ecosystem y la viticultura .....	5
2.1.1	Servicios del Sistema de Ecosistemas Importantes para la Viticultura .....	5
3	Zona de Interés – Valle de Colchagua .....	6
4	Mapeo del Valle de Colchagua .....	7
5	Biodiversidad apoyando el servicio ecosistémico.....	10
6	Suelos.....	11
7	Susceptibilidad al Fuego.....	14
8	Calidad y suministro del agua .....	17
8.1.1	Modelado Colchagua Cuenca hidrográfica .....	18
8.1.2	Modelado de los servicios de los ecosistemas de cuencas hidrográficas.....	19
8.1.3	Modelado del estrés hídrico en escenarios de cambio climático .....	23
9	Modelado Ecológico Conceptual – Redes de Creencia Sbayesianas.....	25
10	Aplicación de la Red de Creencias Bayesianas.....	26
11	Conclusión y próximos pasos .....	28
11.1	Posibles pasos para mejorar el modelo .....	29
12	Referencias .....	31
ANEXO 1.	.....	35

## Enfoque de Capital Natural para la Planificación del Paisaje: un Proyecto Piloto en el Valle de Colchagua

A través del Programa de Divulgación de investigación del Atlántico Sur, el Comité Conjunto de Conservación de la Naturaleza (Reino Unido) ha colaborado con el Programa Vino, Cambio y Clima Biodiversidad (VCCB) que es una iniciativa científica del Instituto de Ecología y Biodiversidad y la Universidad Austral de Chile. La iniciativa trabaja para demostrar que la conservación de la biodiversidad y el desarrollo de la industria vitivinícola chilena son esfuerzos compatibles. VCCB trabaja en estrecha colaboración con 17 viñedos en el Valle de Colchagua, en el centro de Chile.

El Enfoque de Capital Natural para la *Planificación del Paisaje: un Proyecto Piloto en el Valle de Colchagua*, se basa en el trabajo de larga data realizado por VCCB y viñedos asociados desde 2008 (VCCB, 2008). El proyecto se basa en la obra de capital natural que el JNCC ha emprendido con los Territorios de Ultramar del Reino Unido en la región del Atlántico Sur (JNCC, 2019). El proyecto combina el conocimiento de la industria con las ciencias de los ecosistemas y busca desenredar y cuantificar las interacciones entre la gestión de la tierra, los factores bióticos y abióticos, y el efecto en los servicios ecosistémicos relevantes para las empresas productoras de vino.

En 2017, Chile exportó el 9% de su vino al Reino Unido, con un valor de US\$203m. Proyectos como este son fundamentales para el Reino Unido y sus socios comerciales para entender cómo la ciencia y la tecnología emergentes pueden ser traducidas para su uso por las empresas y sustentar cadenas de suministro sostenibles que ofrecen valor a largo plazo, al tiempo que protegen los ecosistemas que apoyan la economía global.

El proyecto es financiado por el Departamento de Medio Ambiente, Agricultura y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA).

### Objetivos del proyecto

Los objetivos de proyecto de alto nivel son:

- Demostrar cómo los datos de observación de la Tierra, la modelización de ecosistemas y el conocimiento ecológico local se pueden combinar para informar la gestión basada en ecosistemas.
- Trabajar con la industria vitivinícola para identificar dónde la aplicación de productos de mapeo y modelado puede ofrecer beneficios comerciales a través de cadenas de suministro sostenibles.
- Fortalecer la futura colaboración entre el Reino Unido y los Socios en la región del Atlántico Sur.

## Introducción

El valle de Colchagua es parte del bioma mediterráneo chileno que se puede encontrar entre las regiones de Coquimbo y Bío-Bío. Desempeña un papel importante en la productividad de la agricultura y la viticultura chilena. El bioma se considera una prioridad para la conservación biológica, ya que representa el 16% de la superficie continental de Chile, pero alberga el 50% de la flora chilena y más de la mitad de las especies endémicas del país (Barbosa & Godoy, 2014).

Al igual que muchos de los ecosistemas del mundo, el bioma mediterráneo chileno se ve afectado por la conversión de la tierra a la agricultura y el desarrollo urbano. Las bodegas, que son las partes interesadas en este proyecto, han estado trabajando con VCCB desde 2008, explotando formas en las que sus negocios pueden gestionar sus tierras de forma sostenible para conservar hábitats tanto en sus viñedos como en sus alrededores, potenciando la biodiversidad local.

El proyecto demuestra cómo la cartografía de ecosistemas y el modelado ling se pueden establecer en línea con los requisitos del usuario y proporcionar herramientas que ayudan a incorporar datos ambientales a los procesos de toma de decisiones.

La gestión ambiental de la empresa es fundamental para evitar la interrupción de la cadena de suministro y los posibles daños en la infraestructura, como la identificación de riesgos de incendio y la implementación de estrategias de evasión. Una mejor comprensión de los procesos de captación puede conducir a una planificación informada de la gestión de la tierra ya factores de redicción, como el estrés hídrico y el riesgo de contaminación, que son vitales para la sostenibilidad futura de cualquier negocio.

## El enfoque ecosystem y la viticultura

Un enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos que promueve la conservación, la sostenibilidad y el uso equitativo, reconociendo que los seres humanos, con su diversidad cultural, son un elemento integral de muchos ecosistemas (PNUMA, 2016).

La integración de la naturaleza (biodiversidad) y los servicios ecosistémicos en las estrategias de gestión puede ayudar a las empresas a reconocer sus impactos y dependencias en el medio natural. Esto puede ayudarles a adaptarse a los posibles efectos adversos provocados por el cambio ambiental, como el cambio climático, manteniendo y aumentando la resiliencia de los ecosistemas en los que sus empresas confían (CBD, 2018).

## Servicios del Sistema de Ecosistemas Importantes para la Viticultura

Los servicios ecosistémicos son los beneficios directos e indirectos que la humanidad obtiene de la naturaleza. Estos beneficios varían de un sistema a otro; muchos son esenciales para la existencia de la humanidad. La Clasificación Internacional Común de Servicios ecosistémicos (CICES, 2018) define estos servicios como:

<b>Provisioning</b>	Producción de agua dulce, oxígeno, madera, alimentos, energía de base biológica.
---------------------	--

<b>Regulación y Mantenimiento</b>	Control de la erosión y purificación del agua, regulación climática, mitigación de inundaciones, ciclo de nutrientes y descomposición de material orgánico, formación de suelos, polinización y provisión de hábitats para la biodiversidad.
<b>Cultural</b>	Recreación, valor estético y emblemáticos de especies o paisajes, e interacciones espirituales, intelectuales y otras interacciones humanas con los ecosistemas.

A través de una serie de debates y talleres, las partes interesadas identificaron los siguientes servicios ecosistémicos como la mayoría de los relevantes a la producción de vino:

- Natural biocontrol de las especies de plagas
- Biodiversidad
- Atractivo estético
- Prevención de la propagación del fuego
- Reducción de la pérdida del suelo
- Evitar el enriquecimiento de nutrientes naturales
- Regulación del suministro de agua y la calidad del agua

## Zona de Interés – Valle de Colchagua

El valle de Colchagua se encuentra en el centro de Chile, en la región general Libertador Bernardo O' Higgins, a 130 km al suroeste de la capital Santiago. El valle en sí es de aproximadamente 120 km de largo y 35 km de ancho y se estima que los viñedos cubren alrededor de 200 km<sup>2</sup> de la superficie terrestre del valle. El área de interés para el proyecto abarca aproximadamente 6.900 km<sup>2</sup>.

El valle está tallado por el río Tinguiririca que fluye desde las cabeceras en las glaciadas montañas andinas hacia el este, hasta las praderas de tierras bajas hacia la costa del Pacífico en el oeste. Como resultado, el valle experimenta un clima mediterráneo bordeado por cordilleras, siendo el derretimiento glacial una importante fuente de agua durante todo el año (Bravo et al. 2017).

El vino representa el 3,9% del mercado exportador chileno, con un valor de \$US2,2 millones en 2017 (Simoes e Hidalgo, 2011). El valle de Colchagua en particular es famoso por su viticultura, con una producción que data de 1542. En 2012, las ventas de vinos de Colchagua generaron US\$331,5 millones (Viñas de Colchagua A. G, 2012).



Figura 1. Muestra la ubicación de la zona de interés del Valle de Colchagua.

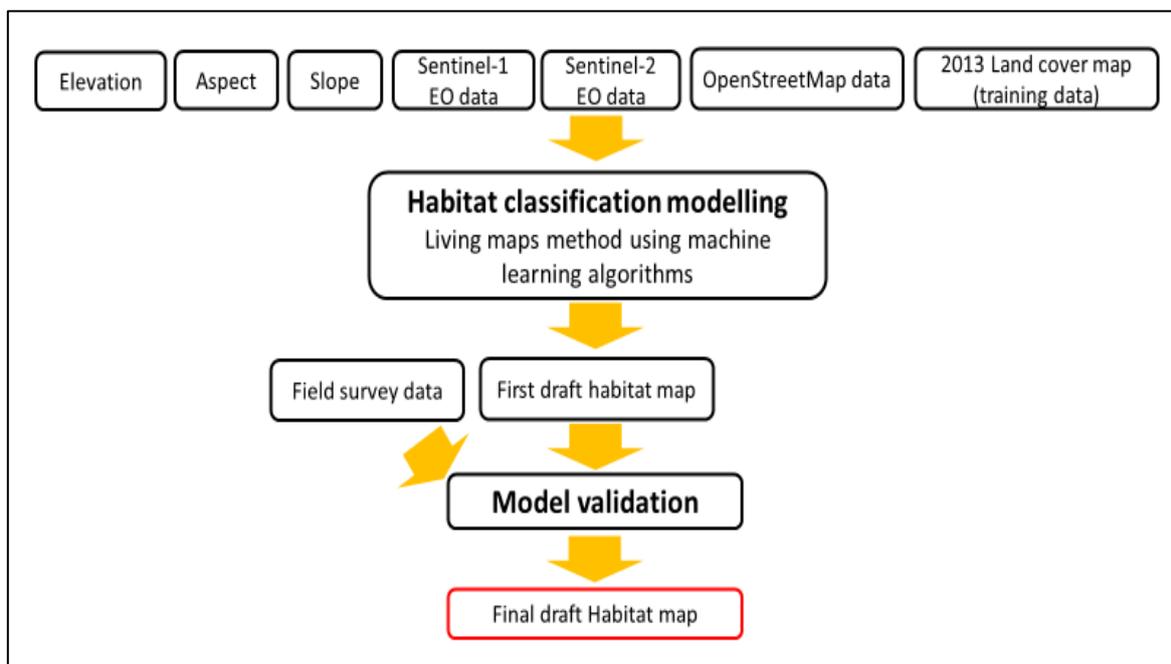
## Mapeo del Valle de Colchagua

Los mapas de hábitat son clave para comprender la distribución y la extensión de los diferentes usos de la tierra en todo el paisaje y para evaluar cómo el medio ambiente responde a la gestión cambiante de la tierra. Son un requisito esencial para un análisis posterior a través de la contabilidad de capital natural, la cartografía de servicios ecosistémicos, la creación de herramientas para facilitar una mejor práctica de gestión, la interpretación y la orientación de la supervisión de la biodiversidad y la aplicación de políticas. Hay muchos productos mundiales de cobertura de la tierra y uso de la tierra disponibles, pero a menudo son datos de baja resolución que no proporcionan suficientes detalles para realizar análisis a nivel regional. Por lo tanto, era necesario un mapa de hábitat actualizado para llevar a cabo la cartografía y el modelado del servicio ecosistémico.

Los conjuntos de datos de la Agencia Espacial Europea Copérnico se han identificado como una fuente de datos clave para este proyecto, debido a su acceso abierto y resolución espacial de 10 metros. Para el trabajo de mapeo, tanto Sentinel-1, una misión de radar, como

Sentinel-2, una misión óptica, se utilizaron para capturar tantas características en el paisaje como sea posible. En comparación con otros conjuntos de datos de observación de la Tierra de <sup>12</sup>acceso abierto, Sentinel-2 cubre el mundo con más frecuencia que otros sistemas de observación, y es una misión operativa en lugar de la investigación basada. La misión Sentinel-2 también se esfuerza por seguir proporcionando conjuntos de datos abiertos para el futuro, con otros dos satélites planeados para el lanzamiento para unirse a la constelación existente.

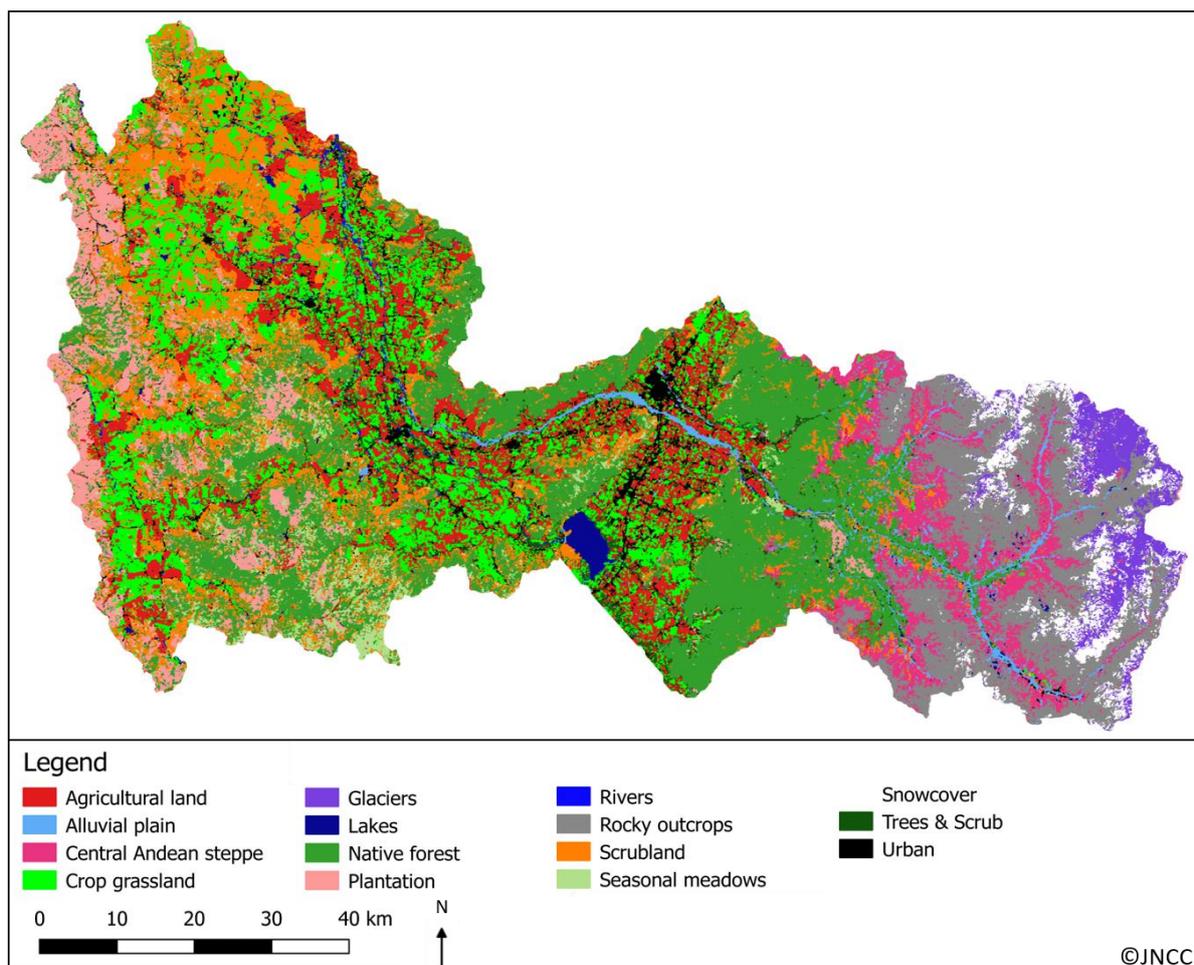
Una vez completado el primer borrador del mapa del hábitat, se recopilaron y utilizaron datos sobre el terreno para validar y analizar la exactitud de las salidas modeladas, lo que indica cuántas clases de cobertura terrestre se identifican correctamente. En general, la precisión del mapa de hábitat creado por el proyecto es del 78 %. Más información sobre el proceso de mapeo del hábitat se encuentra en la Sección 1 y el Apéndice 1 del informe técnico adjunto. El mapa del hábitat y los datos adjuntos se proporcionaron a los socios del proyecto para su uso futuro.



**Figura 2.** Representación del proceso cartográfico emprendido para crear el mapa del hábitat.

<sup>1</sup> Sentinel-1A Y Centinela-1B llevar una banda C radar de apertura sintética instrumento que recopila datos en todo tipo de clima, de día o de noche. Tiene resolución espacial de hasta 5m y una franja de hasta 400 km. Radar de apertura sintética (SAR) es una forma de Radar imágenes bidimensionales o reconstrucciones tridimensionales objetos, como paisajes.

<sup>2</sup> Sentinel-2 es una constelación óptica de satélites, las imágenes están limitadas por la cubierta de nubes. Para proteger la investigación de datos sin nube es necesario identificar imágenes libres de nube adecuadas. Los cambios y diferencias estacionales pueden detectarse, ya que estos pueden ser críticos para la identificación del hábitat y el uso de la tierra. Por ejemplo, los enrojecimientos de las hojas y la cubierta de nieve varían entre las estaciones.



**Figura 3.** Muestra una representación de la salida del mapa de hábitat. La tabla 1 a continuación proporciona una definición de lo que se encuentra dentro de las diferentes clases.

**Tabla 1.** Nombres de clase y descripciones.

<b>Nombre de clase</b>	<b>Descripción de la clase</b>
Tierras agrícolas	Todas las zonas utilizadas como viñedos y para la producción de fruta.
Llanura aluvial	Una forma de tierra creada por la deposición de material erosionó más arriba de la cuenca.
Estepa Andina Central	Los pastizales y arbustos montanos se econsuan en las altas elevaciones de la cordillera del sur de los Andes.
Pastizales de cultivo	Todas las áreas utilizadas para cultivar cultivos, como el maíz de forma rotatoria (es decir, no los tipos de cultivos permanentes), y las áreas utilizadas para el pastoreo.
Glaciares	Una masa o río de hielo que se mueve lentamente formada por la acumulación y compactación de la nieve en las montañas o cerca de los polos.

Lagos	Zonas de cuerpos de agua, incluyendo lagos y embalses formados de forma natural.
Bosque nativo	Un bosque compuesto de árboles indígenas y no clasificados como plantaciones forestales.
Bosque de plantaciones	Un bosque establecido mediante la plantación y/o siembra en proceso de forestación o reforestación. Consiste en especies introducidas en la mayoría de los casos.
Ríos	Un canal fluvial que incluye un flujo permanente de agua.
Afloramientos rocosos	Un área de roca que está expuesta. Cubre diferentes tipos de roca.
Matorral	Un área de tierra que consiste en vegetación matorral.
Praderas de temporada	Un área que consiste en pastizales que aparecen sobre una base estacional.
Cubierta de nieve	Un área que está permanentemente cubierta de nieve.
Arboles & Scrub	Zonas de árboles, bosques y matorrales que se producen en los márgenes de los límites del campo, las riberas de los ríos y en las zonas urbanas.
Urbano	Infraestructura construida, incluyendo casas, edificios agrícolas, carreteras y cualquier otra estructura construida, asfalto, hormigón o grava.

## Biodiversidad apoyando el servicio ecosistémico

La biodiversidad dentro de los viñedos ha sido explorada en una serie de estudios, y ha demostrado aumentar con la creciente proximidad al hábitat semi-natural cercano, a diferencia de tierras altamente perturbadas como tierras urbanas o agrícolas (Grashof-Bokdam & van Langevelde, 2005, Márquez-García et al. 2018). Los vinos de alta calidad se asocian con el concepto de 'terroir', que abarca las características regionales del viñedo como el clima, la variedad de uva, el suelo y las interacciones que se producen con los microorganismos autóctonos, todos factores que contribuyen a la calidad del vino. Los hábitats naturales pueden ser posibles reservorios de microorganismos y pueden salvaguardar la identidad del terruño a lo largo del tiempo (Castañeda, et al. 2018; 2016).

La biodiversidad es clave en lo que respecta al fomento de la diversidad de levaduras naturales y especies de hongos como parte de la característica del "terroir". La diversidad fúngica y el mantenimiento de un equilibrio correcto de las especies de levadura dentro del medio ambiente es importante para el sabor y la calidad del vino producido y se ha relacionado con la diversidad vegetal y la distancia de las vides con el hábitat seminatural circundante (Castañeda, et al. 2018).

Las especies de plagas son preocupaciones clave para los viñedos. Elidentified rabbits, red spider mite (*Brevipalpus chilensis*), mildew ('Oidio')y hongos de madera de vid comoespecies de plagas particulares en la región. La orientación de VCCB (Barbosa &

Godoy, 2014) pone de relieve cómo la creación de corredores ecológicos mediante el uso de tiras tampón y cultivos de cobertura puede ayudar a reducir las presiones de plagas al alentar a los depredadores naturales, mientras que los campos de viñedo sano monocultivo son más susceptibles a plagas y enfermedades.

La gestión del ganado también se considera que ayuda en la prevención de plagas, además de la prevención de incendios; ya que se mantienen los pastos más cortos reduciendo la refugia de plagas, el potencial de ignición y la disponibilidad de combustible (Journet 2016, Márquez-García 2018). La aplicación de plaguicidas y fertilizantes ha demostrado tener un impacto negativo en la biodiversidad del viñedo, especialmente cuando el uso es excesivo, y puede tener impactos aguas abajo dentro de lagos y arroyos (Puig-Montserrat, et al. 2017). Otro beneficio de fomentar la biodiversidad en los viñedos es el valor estético que la diversidad de especies añade al paisaje, aumentando los valores asociados a la identidad comunitaria y el bienestar humano (Tribot, et al. 2018).

Para determinar la relación entre la gestión del viñedo, la biodiversidad y la prestación de servicios ecosistémicos, se utilizaron la modelización conceptual (discutida en la Sección 9), la opinión de los expertos y la investigación existente. Puede encontrar más detalles en la Sección 5.4.2 del informe técnico adjunto.

## Suelos

El suelo es una parte crítica del sistema natural del planeta y controla los ciclos biológicos, hidrológicos y geoquímicos. Los suelos proporcionan los nutrientes, sustratos y agua que sustentan los ecosistemas naturales y agroecosistemas (Comino et al., 2016). Los suelos del Valle de Colchagua se componen de arcilla franco de textura fina y limo franco que están bordeados por suelo volcánico texturizado en las estribaciones (Viñas de Colchagua A. G, 2012). La calidad del suelo determina la cantidad de vino y la calidad de la uva (van Leeuwen et al., 2009 y Ruiz-Colmenero et al., 2011, 2013)

Los suelos gestionados de forma sostenible son sistemas vivos que contribuyen a la retención de agua, la reducción de la erosión y las pérdidas de nutrientes, y la mejora de la diversidad de los microorganismos del suelo; son factores importantes que contribuyen a la salud de los cultivos. Los viñedos son propensos a altas tasas de erosión, por lo que la erosión del suelo es una parte crítica de las prácticas de manejo. Los factores que impulsan la erosión del suelo en los viñedos incluyen pendientes pronunciadas, perturbación del perfil del suelo a través de las prácticas de siembra y labranza, y la compactación del suelo que conduce a una disminución de la porosidad y altas tasas de escorrente. Comprender la dinámica del suelo es fundamental para informar la gestión sostenible del suelo a largo plazo (Comino et. al., 2016).

El modelado de la erosión del suelo utiliza datos para demostrar cómo funcionan los procesos del suelo tanto a escala de viñedo como a escala paisajística y puede ayudar a predecir cambios en diferentes escenarios de gestión y uso de la tierra. Los modelos pueden formar parte de la planificación estratégica de la gestión basada en ecosistemas, como la identificación de áreas para plantar tiras tampón y hábitats clave de pendiente ascendente que son críticos de mantener para interceptar la escorrente superficial y prevenir la erosión del suelo.

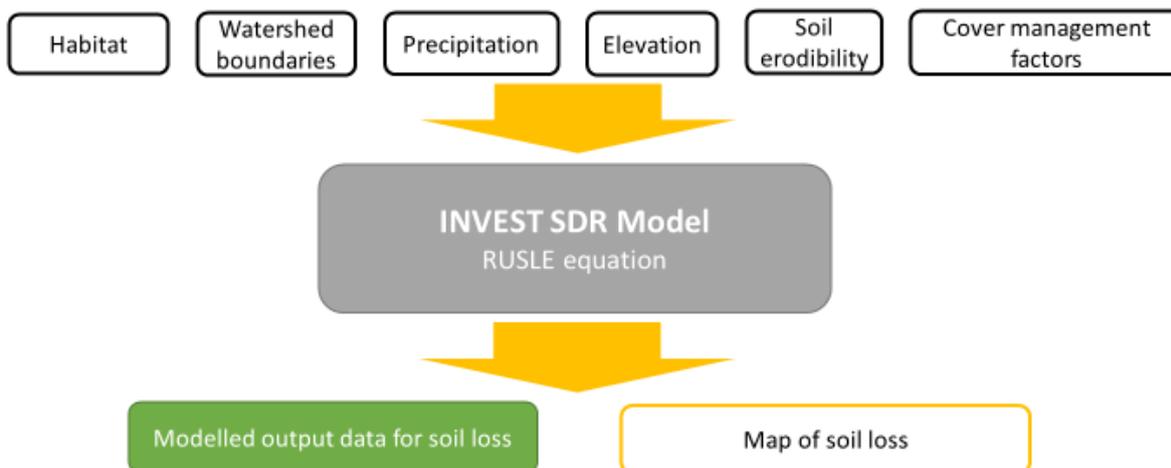
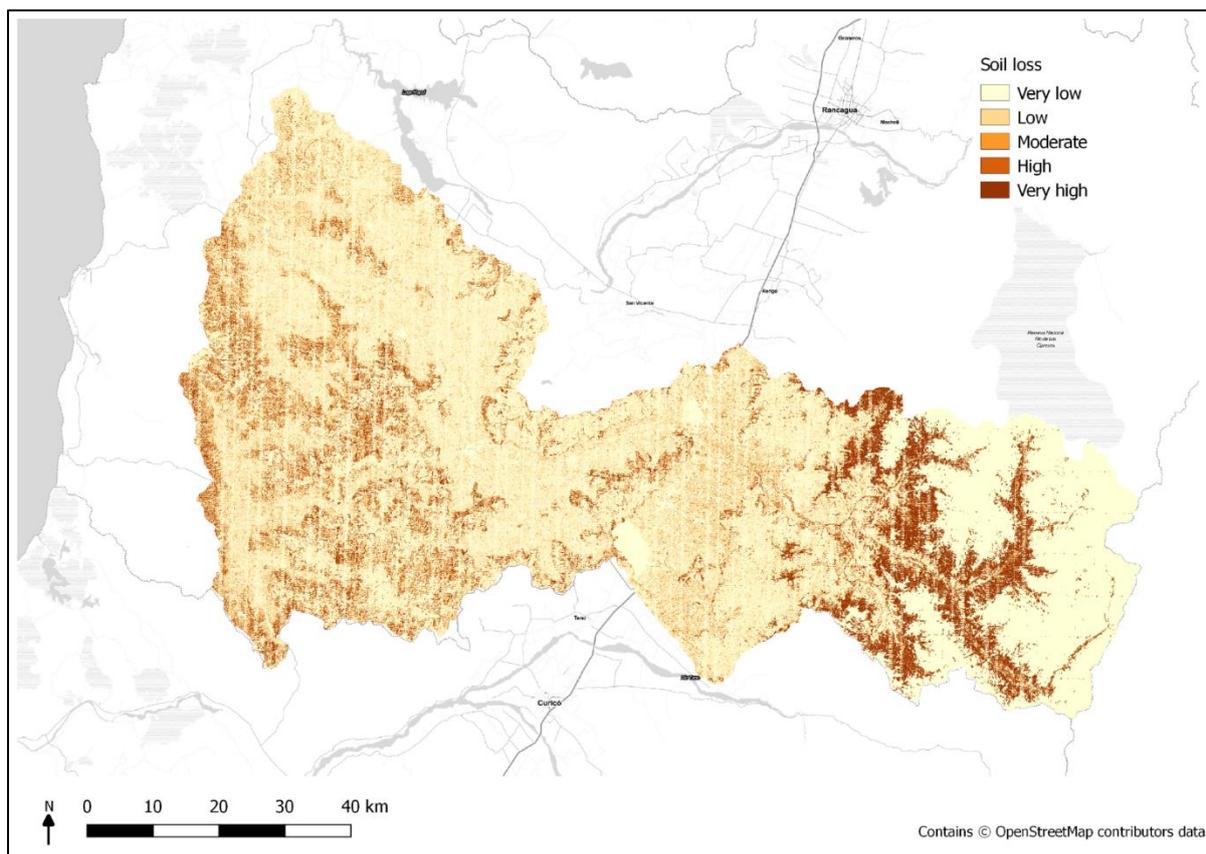


Figura 4. Representación del **proceso de modelado del suelo** emprendido **para crear el modelo de pérdida de suelo y el mapa**.

Para evaluar el movimiento del suelo desde dentro y por encima de losviñedos, el modelo de suelo utiliza el modelo de relación de entrega de sedimentos (SDR) de InVEST 3.5.0 para calcular elaceite Revised Universal S Loss Equation (RUSLE). El modelo SDR mapea la generación de sedimentos terrestres y la posterior entrega a las vías fluviales, y genera la pérdida total potencial de suelo por píxel calculada a partir del RUSLE:

$$A = RKLS^2CP$$

donde  $A$  es la tasa de pérdida de suelo ( $\text{ton ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ),  $R$  es el factor de erosividad de lluvia anual ( $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ),  $K$  es el factor de erosoribilidad del suelo ( $\text{t ha yr ha}^{-1} \text{ MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ),  $L$  es el factor de longitud de pendiente,  $S$  es el factor de pendiente de pendiente,  $C$  es el factor de cobertura y gestión, y  $P$  es el factor de prácticas de gestión del suelo de apoyo. La ecuación RUSLE no incluye la erosión del viento, ni la erosión de rill y barrancos o los delatentos, y por lo tanto los resultados se consideran indicativos y no absolutos. Puede encontrar más detalles sobre el enfoque de modelado en la Section 2 del informe técnico adjunto.



**Figura 4.** Mapa representación de la salida del modelo de suelo.

**Cuadro 2.** Datos utilizados en el modelado del suelo. Todos los datos espaciales fueron georreferenciados y recortados al área de interés. El procesamiento de datos y las transformaciones se realizaron en r versión 3.4.4.

**Datos climáticos:** La temperatura mínima anual del aire, la temperatura máxima anual del aire, la temperatura media anual del aire, la velocidad media anual del viento y la precipitación anual total se calcularon a partir de los datos descargados de WorldClim v2.0. Los viñedos también proporcionaron datos de la estación meteorológica para 2018 y se añadieron estaciones adicionales de la red hidrométrica Dirección General de Aguas (DAG, 2019) del Ministerio de Obras De Las Pélicas para mejorar las estimaciones hidrológicas.

**Datos climáticos futuros en escenarios de cambio climático:** Los datos de dos escenarios de vías de concentración representativas del Grupo Intergubernamental de Intergubernamental de Miembros sobre el Cambio Climático (IPCC) en el marco del CMIP5 que representan una estabilización moderada y una emisión de referencia muy alta se tomaron de WorldClim v1.4.

**Factor de erosividad de lluvia:** Este index describe el poder de erosividad de lluvia, y el efecto del impacto de la gota de lluvia en la escorrenta. No se distuvieron datos de intensidad de lluvia y erosión, por lo que se basaban en ecuaciones basadas en la correlación entre la erosividad de las precipitaciones (R) y la precipitación total.

**Eparibilidad del suelo:** Es una medida de la susceptibilidad de las partículas del suelo al desprendimiento y transporte por lluvia y escorrentía, en gran parte basada en la textura del suelo. Los datos del perfil del suelo se tomaron de la base de datos continental armonizada derivada de SOTER que proporciona una proporción de arcilla, limo y arena del suelo. Los datos de la UNFAO se utilizaron para clasificar el tipo de suelo en función del tamaño del suelo y las proporciones de textura.

**Longitud de pendiente y pendiente:** Se produjo un modelo de elevación digital utilizando datos de la NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 2000 y remuestreado a una resolución de 10 m. Pendiente y pendiente se calcularon entonces from estos datos.

**Cubierta del suelo :** Mapa de hábitat producido para el proyecto utilizando datos Sentinel-1 y Sentinel-2.

**Factores de gestión de la cobertura y de práctica de apoyo:** Estos son factores aplicados a las clases de cobertura terrestre definidas. El factor de gestión de la cobertura refleja el efecto de las prácticas de cultivo y gestión en la pérdida anual de suelo, y puede variarse con diferentes prácticas de gestión. El factor de práctica de soporte especifica la relación entre la pérdida de suelo en comparación con la labranza de taludes y pendientes ascendentes y se ve principalmente afectado por prácticas como el contorno y la terraza. Dada la falta de datos locales sobre este factor, a los efectos de este estudio el modelo supone que no hay prácticas especiales en vigor.

**Cuencas hidrográficas:** Esta es la delineación de subcuencas dentro de la región modelada, y se produjeron sobre la base de la capa de datos HydroBASINS (Lehner & Grill, 2013).

## Susceptibilidad al Fuego

En 2017 se informó que más de 200 Km<sup>2</sup> del valle de Colchagua fueron quemados por incendios salvajes. Los incendios forestales tienen un impacto ecológico y socioeconómico significativo. Identificar los conductores que gobiernan la actividad de incendios espacial y temporalmente es importante para formular la planificación y gestión del paisaje para mitigar los riesgos planteados, al tiempo que se reconoce la parte que el fuego juega en procesos naturales (Gomez et.al., 2019).

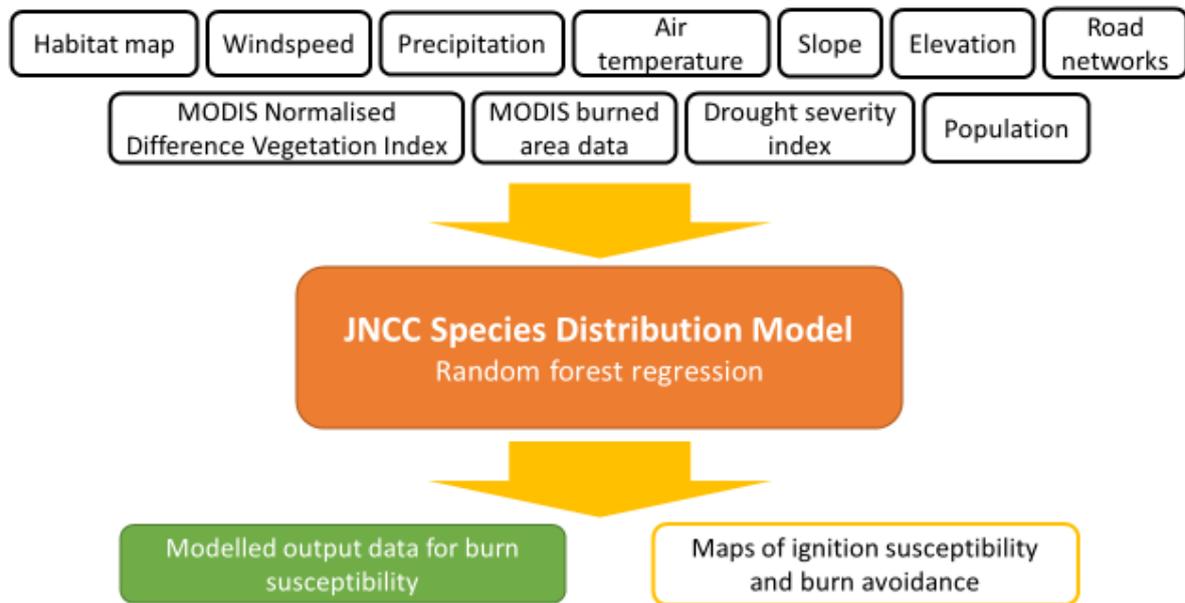
La evidencia sugiere que la ocurrencia del fuego está estrechamente ligada al clima (temperatura y precipitación) y a la cobertura de la tierra. A medida que el cambio climático cambie de temperatura, esto probablemente alterará los regímenes de incendios. La topografía puede afectar directamente al fuego al influir en su comportamiento a través del paisaje, e indirectamente mediante la creación de microclima que rija la distribución espacial de la propensión al fuego. Las actividades humanas son una fuente común de ignición en los ecosistemas de tipo mediterráneo (Gomez et. a., 2019).

Las características de la vegetación, como la inflamabilidad foliar, la carga de combustible y la estructura de la planta, pueden regir la probabilidad de inicio del incendio y la velocidad a la que se propaga. Las plantaciones forestales no nativas (por ejemplo, *Pinus radiata*, *Eucaliptus* sp.) en Chile han aumentado el riesgo de incendio debido a su alta inflamabilidad, conectividad y bajo contenido de agua (Barbosa, O. & Godoy, K. 2014)

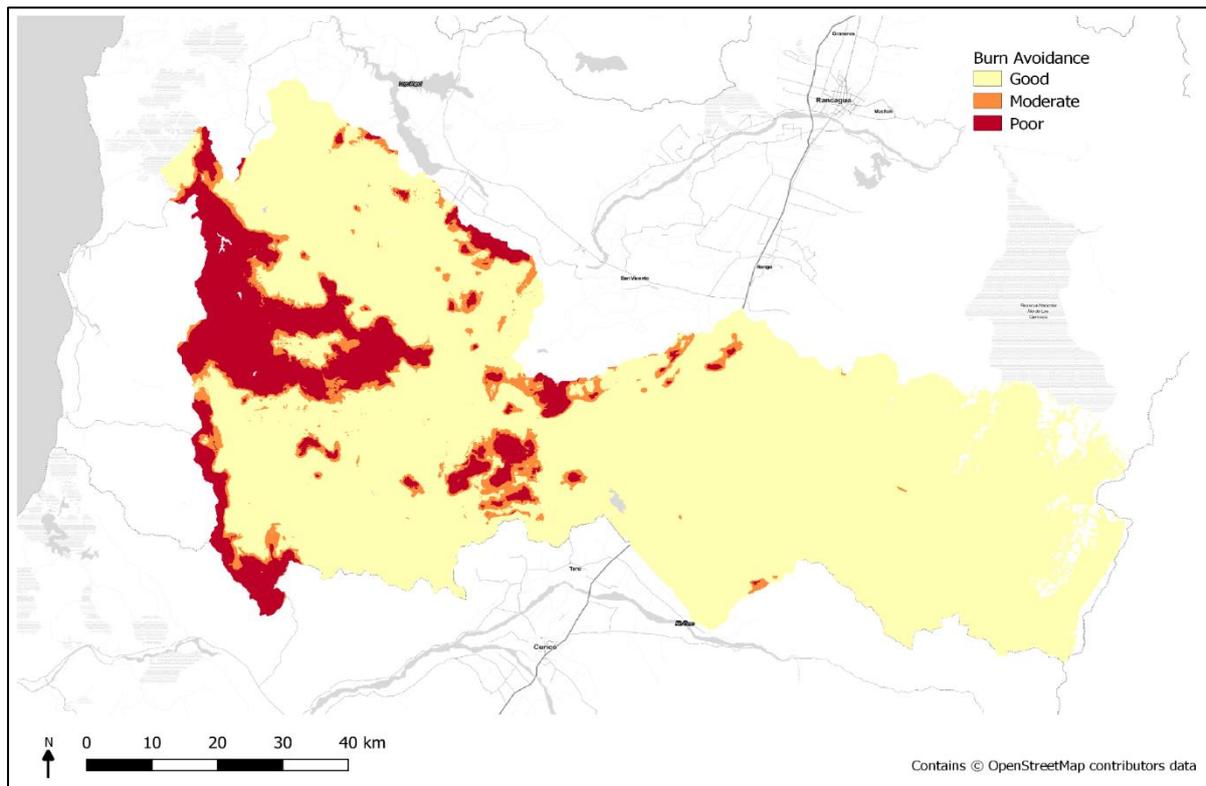
Los hábitats que tienden a ralentizar la propagación del fuego son bosques esclerófilos nativos y "*Espino*" (*Acacia caven*). Los bosques esclerófilos comprenden principalmente especies de plantas perennes perennes perennes, que conservan sus hojas y mantienen altos niveles de humedad relativa y baja temperatura; ambos factores que reducen la posible ocurrencia de incendios (CONAF 2018; 2008, Gómez-González et al. 2011).

Los modelos pueden incorporar estos múltiples factores para mejorar la comprensión de las complejas interacciones que impulsan el brote de incendios forestales, ayudando a informar la gestión de la base del ecosistema a diferentes escalas. El modelo emplea un marco de tipo modelado de distribución de especies (SDM), después de estudios previos en Chile y otros lugares que utilizan quemaduras históricas y ubicaciones de ignición estimadas como puntos de presencia análogos a los registros de especies para identificar predictores ambientales y antropogénicos de incendios forestales. Los modelos predicen la susceptibilidad actual a la ignición del paisaje y la evitación de quemaduras (cuán insusceptible es el hábitat a la captura de incendios), utilizando el espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS)

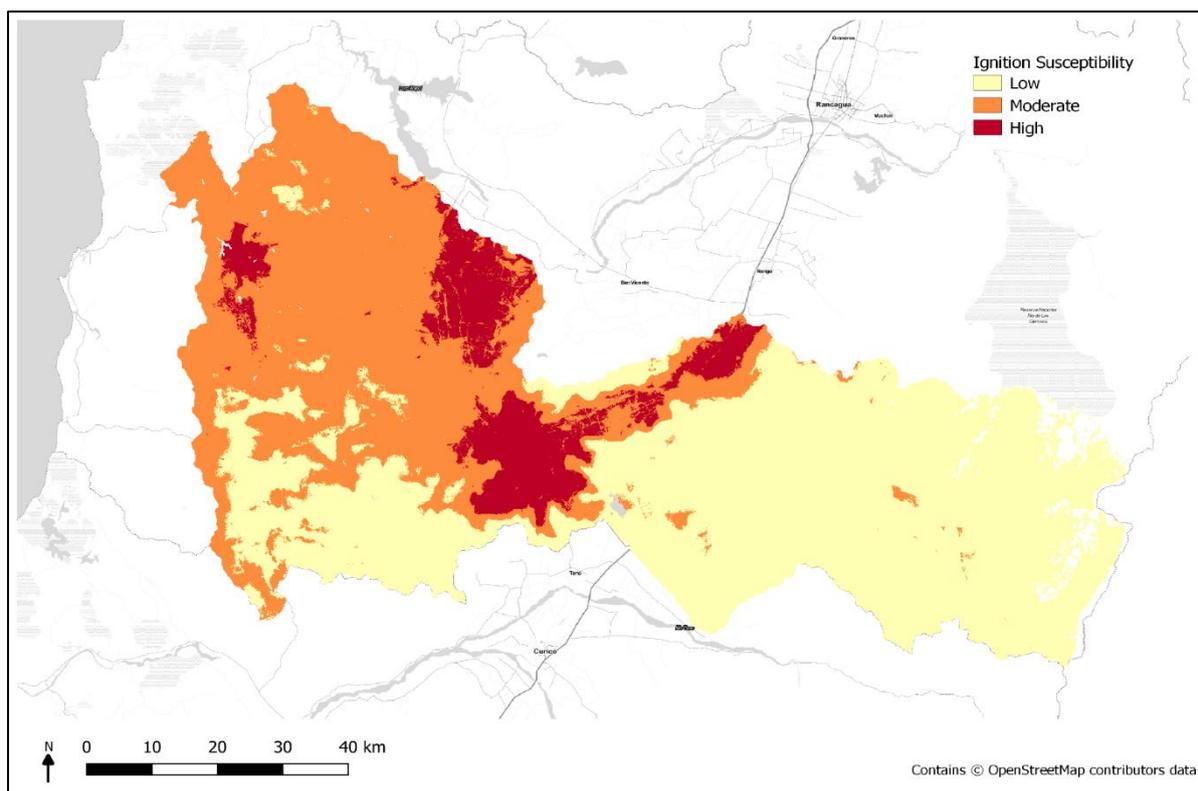
quemó el área para entrenar un modelo de regresión forestal aleatorio. Puede encontrar más detalles sobre el enfoque de modelado en la Sección 3 del informe técnico adjunto.



**Figura 5.** Representación del proceso de modelado contra incendios emprendido para crear mapas de susceptibilidad a la ignición y evitación de quemaduras.



**Figura 6.** Representación de la prevención de quemaduras de hábitat, categorizada como Buena (>66% evitación, menos probable que se quemé), Moderada (33-66%) y Pobres (<33% evitación, más propenso a quemar).



**Figura 7.** Representación de la susceptibilidad a la ignición hábitat, categorizada como Baja (<33% de susceptibilidad, menos probable que se encienda), Moderada (33-66% de susceptibilidad) y Alta (>66% de susceptibilidad, más probable que se encienda).

**Cuadro 3.** Datos utilizados en el modelado de incendios.

**Datos topográficos:** Se obtuvo un modelo de elevación digital de los datos de la Misión de Topografía de Radar de Transbordador (SRTM) 2000 de la NASA y remuestreado a una resolución de 10 m. Pendiente se deriva de estos datos utilizando QGIS 3.4.

**Datos climáticos:** La temperatura mínima anual del aire, la temperatura máxima anual del aire, la temperatura media anual del aire, la velocidad media anual del viento y la precipitación anual total se calcularon a partir de los datos descargados de WorldClim v2.0. La temperatura y la estacionalidad de las precipitaciones también se calcularon a partir de los datos de WorldClim. Las capas ráster anuales mundiales del Índice de Gravedad de Sequía Palmer se descargaron de TerraClimate y proporcionan información sobre la sequedad e inflamabilidad potenciales del hábitat. Los interesados de la estación meteorológica también fueron proporcionados por las partes interesadas del VCCB para 2018 y se añadieron estaciones adicionales de la red hidrométrica Dirección General de Aguas (DAG, 2019) del Ministerio de Obras de Las Aguas (DAG, 2019) para mejorar las estimaciones hidrológicas.

**Variables Biológicas:** MODIS MOD13A1 El producto del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se utilizó para modelar la productividad y el estado de la vegetación.

**Cubierta del suelo:** Mapa de hábitat producido para el proyecto utilizando datos Sentinel-1 y Sentinel-2.

**Variables antropogénicas:** Capas de datos que capturan información sobre la densidad de población y la distancia de las áreas quemadas y no quemadas a las carreteras principales. Un shapefile de redes viales chilenas fue descargado de OpenStreetMap y editado para incluir sólo carreteras significativas. Los datos modelados de la densidad de población por hectárea se obtuvieron de WorldPop (2016) y se redimensionaron para que coincidan con las estimaciones de población a nivel de país de las Naciones Unidas.

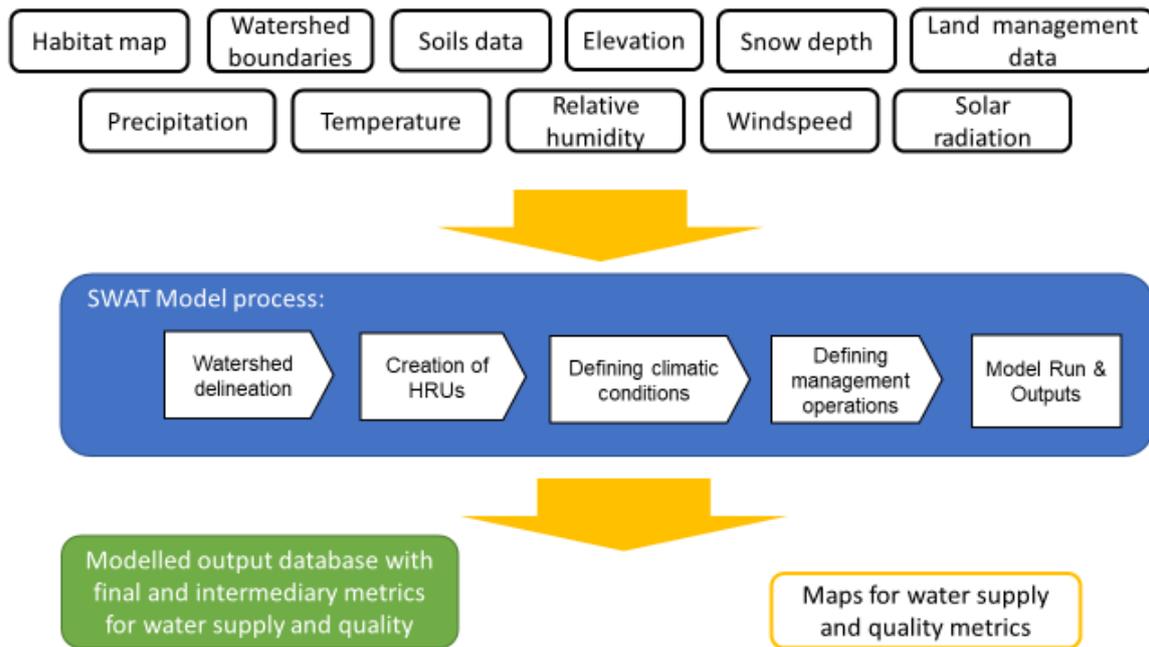
**Datos del área quemada : El producto mensual del área quemada MODIS MCD64A1 (Giglio et al. 2015) fue descargado y procesado usando R.**

## Calidad y suministro del agua

El suministro de agua y la calidad del agua fueron destacados como servicios ecosistémicos prioritarios por las partes interesadas, siendo esenciales para la producción de uva. Los aspectos que se consideraron fueron la gestión de los recursos hídricos en escenarios climáticos futuros y los impactos en la calidad del agua impulsados por las prácticas de gestión de la tierra. Mantener la productividad y la calidad de la uva de vino en futuros escenarios climáticos puede estar asociado con un mayor uso del agua a través del riego y la manipulación o el aspersión para enfriar las uvas. La adaptación de la industria y la conservación del agua serán necesarias para anticipar estos posibles efectos (Hannah et al., 2013).

Las condiciones ambientales y los métodos de aplicación influyen en la forma en que los productos químicos aplicados a los cultivos agrícolas se liberan y se comportan en el medio ambiente más amplio. Por ejemplo, la lixiviación de productos químicos en capas más profundas del suelo puede ocurrir después de eventos de lluvia y dar lugar a contaminación de las aguas subterráneas. La aplicación aérea puede dar lugar a altos niveles de contaminación del agua superficial a través de la deriva de pulverización involuntaria.

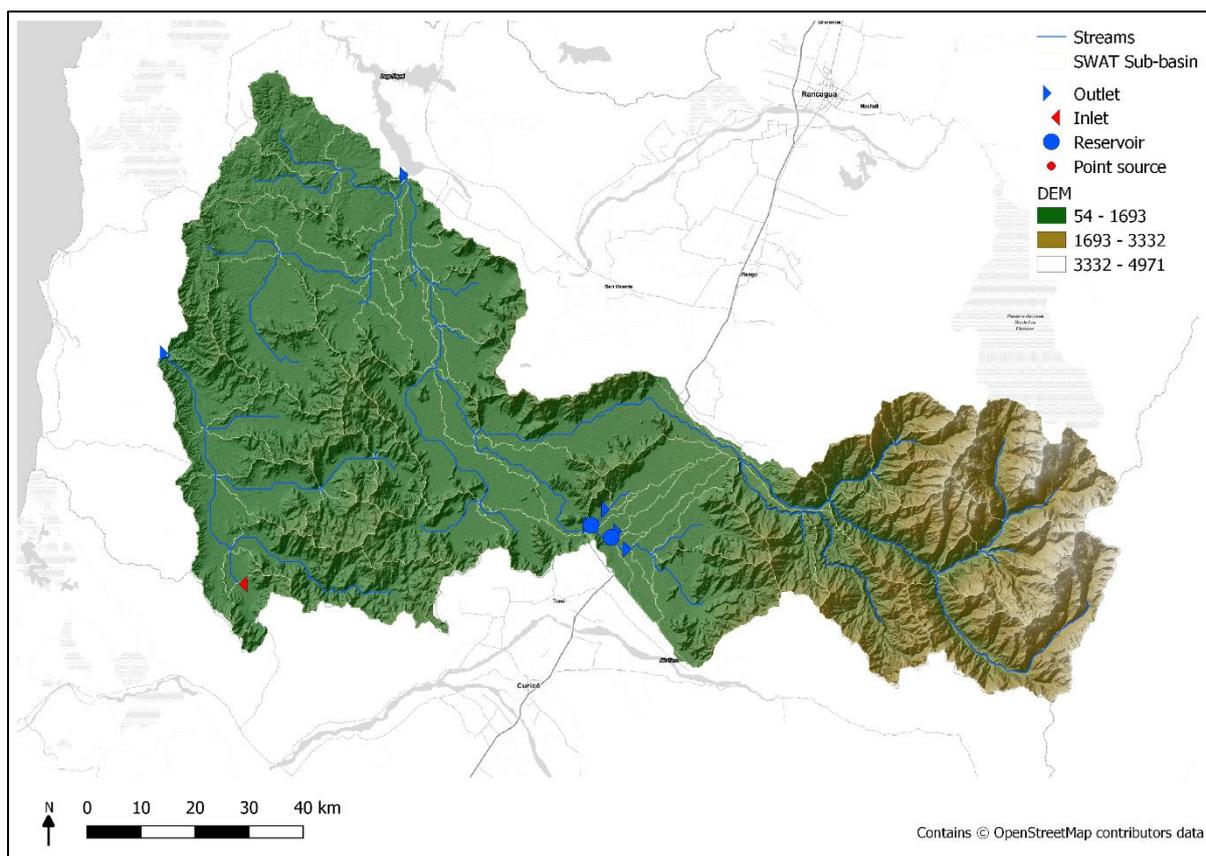
Las partes interesadas expresaron su deseo de comprender cómo las estrategias de gestión de la tierra que implican la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, la labranza del suelo, la creación y el mantenimiento de tiras tampón, y cubren los cultivos podrían influir en los recursos hídricos tanto ahora como en escenarios futuros. La cartografía y el modelado de ecosistemas pueden ayudar a informar dónde se puede emplear la gestión basada en ecosistemas para mantener la calidad del agua proporcionando una comprensión de la hidrología y los procesos ecosistémicos importantes para los servicios de suministro de agua, así como las vías en las que los contaminantes químicos pueden entrar en el medio ambiente e impactar la calidad del agua. Los detalles del modelo sobre el proceso de modelado se pueden encontrar en la Sección 4 del informe técnico adjunto.



**Figura 8.** Representación del proceso de modelado del agua emprendido.

### Modelado Colchagua Cuenca hidrográfica

La Herramienta de Evaluación del Suelo y el Agua (SWAT) se utilizó para modelar y mapear métricas de agua dentro del valle. SWAT es un modelo ambiental de código abierto desarrollado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Investigación Agrícola (USDA-ARS) que se ha utilizado a nivel mundial para evaluar la dinámica hidrológica y de sedimentos diaria, mensual y anual en una cuenca hidrográfica. Está disponible a través de una interfaz QGIS y utiliza entradas de datos de elevación, uso del suelo y mapas del suelo para delinear una cuenca hidrográfica en subcuencas y determinar las Unidades de Respuesta Hidrológica (RTU) que se definen por todos los usos similares de la tierra, suelos y pendientes dentro de una subcuenca.



**Figura9.** Cuenca hidrográfica delineada (representada por forrado en blanco) superpuesta sobre el modelo de elevación digital.

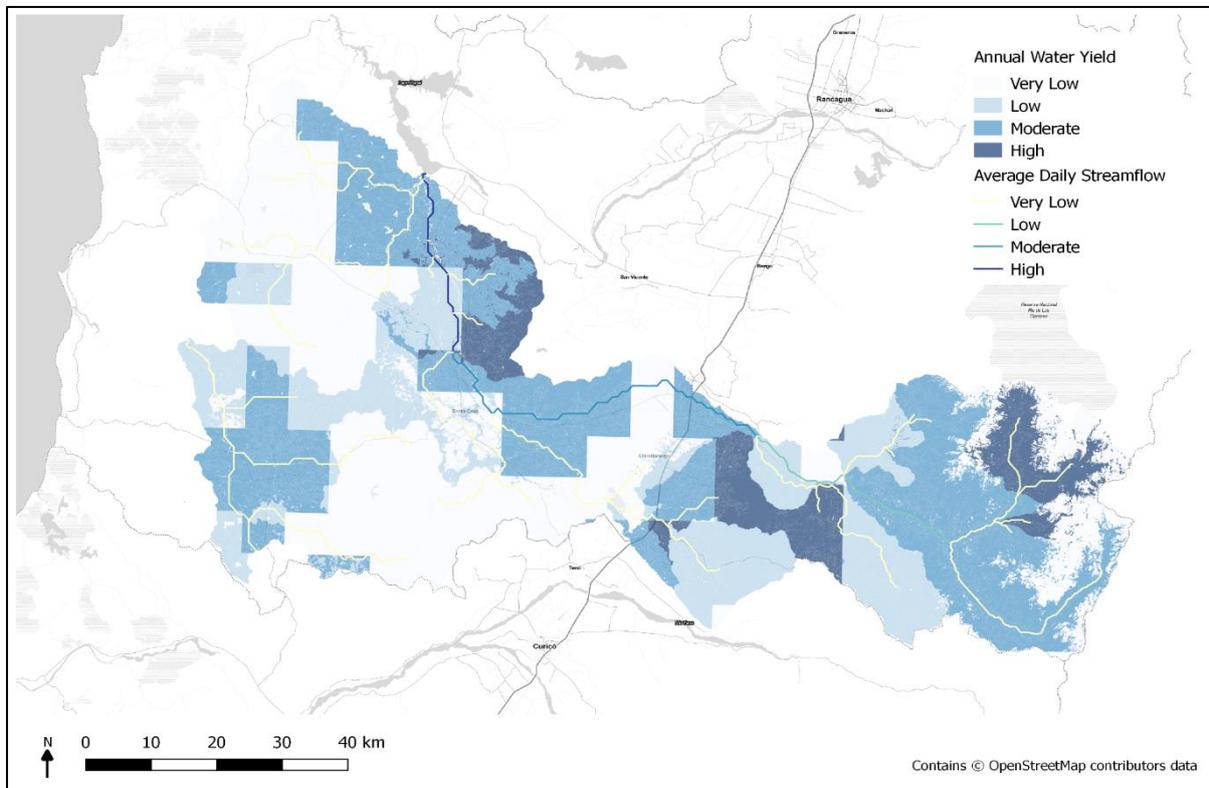
## Modelado de los servicios de los ecosistemas de cuencas hidrográficas

Una vez creado el modelo de cuenca hidrográfica fue posible ejecutar escenarios de referencia para simular los flujos hidrológicos a través del paisaje y generar métricas para la cantidad de agua y nutrientes que se mantiene dentro del suelo y los arroyos. Las salidas estadísticas generadas por el modelo de línea base se representan un escenario en el que ninguna gestión (por ejemplo, entrada química, labranza) se aplica a la tierra. Esto proporciona el punto de partida desde el que interrogar el potencial efectos la gestión de la tierra tiene en los servicios ecosistémicos.

Los resultados se presentan categóricamente con valores altos, moderados y bajos. Los límites categóricos se determinan a partir de los rangos de datos del modelo de línea de base, así como las comparaciones con los recursos bibliográficos para los rangos de variables meteorológicas en El centro de Chile (Boisier, et al. 2018, Alvarez-Garreton, et al. 2018).

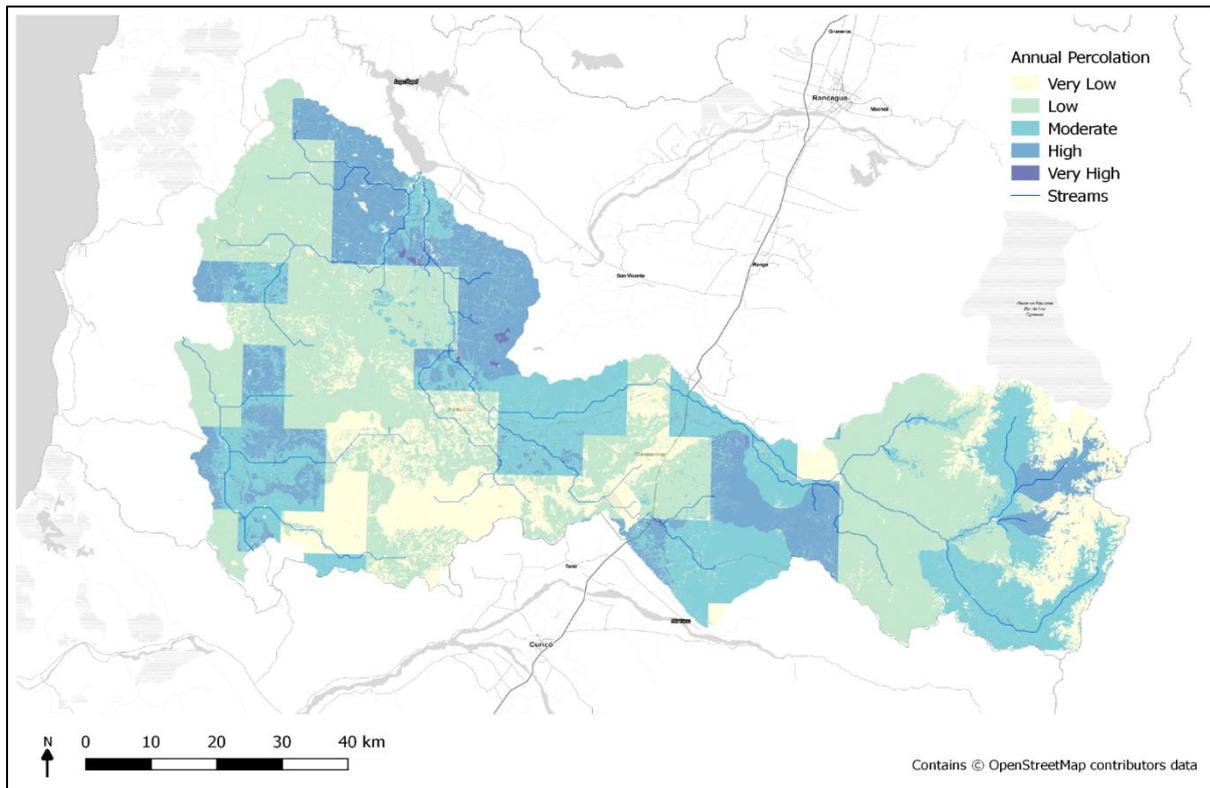
El modelo SWAT se ejecutó con datos de estaciones meteorológicas y estadísticas meteorológicas históricas a largo plazo. El modelo se ejecutó en primer lugar para mostrar las condiciones de referencia que muestran los servicios ecosistémicos prestados donde no se aplican medidas de gestión a la tierra. Las salidas SWAT producen un mapa de referencia del rendimiento anual del agua y el flujo medio diario a lo largo del período modelado dividido entre las unidades de respuesta hidrológica. La apariencia cuadriculada de los mapas de salida refleja la baja resolución de la capa de datos de suelos de la FAO de las Naciones Unidas utilizada en el modelo.

El rendimiento del agua (Figura 10) es la cantidad total de agua que sale de la HRU y entra en el canal principal. Esto se calcula a partir de la escorrentía de agua superficial, el flujo lateral, el flujo de aguas subterráneas, las pérdidas de transmisión a través de canales afluentes y abstracciones de agua.



**Figura 10.** Mapa de referencia del rendimiento anual del agua y flujo medio diario a lo largo del período modelado dividido entre unidades de respuesta hidrológica.

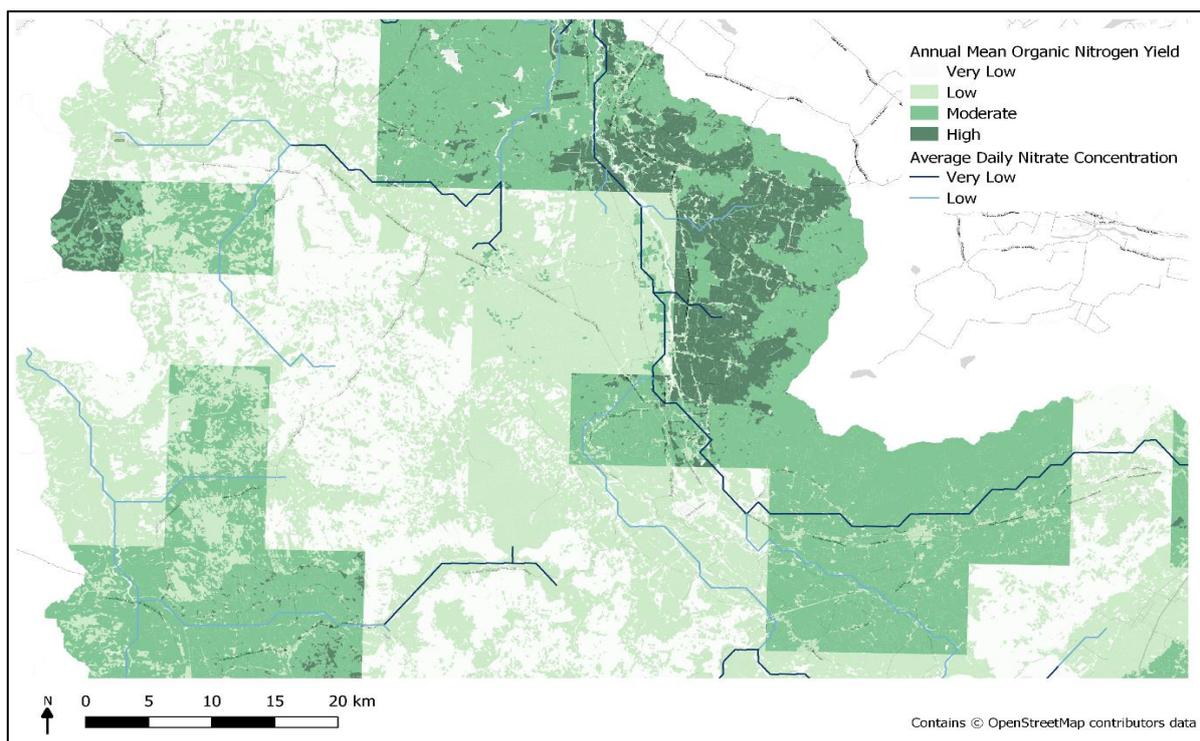
El mapa de referencia de la percolación media anual más allá de la zona raíz (Figura 11) se basa en la profundidad de enraizamiento asociada con el tipo de cultivo y es un valor anual promedio calculado por HRU.



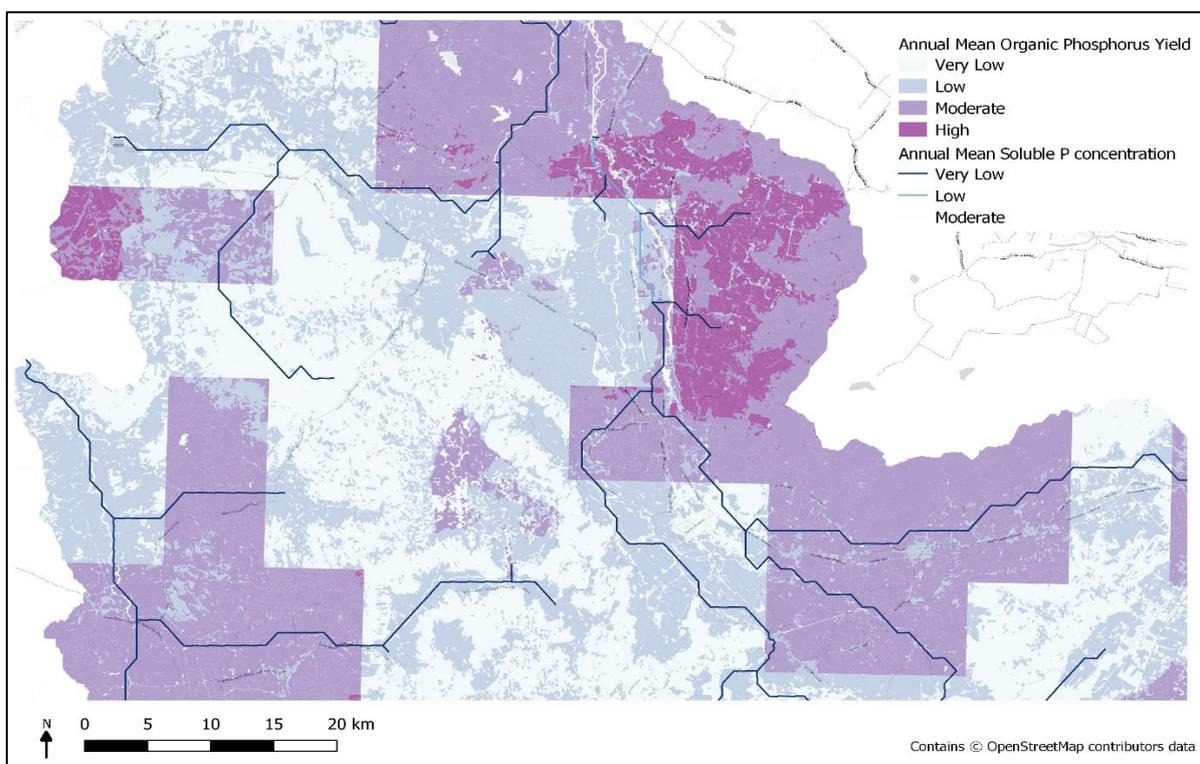
**Figura 11.** Mapa de línea base de percolación media anual más allá de la zona raíz.

Dado que los datos sobre los niveles actuales de fosfatos y nitratos presentes en los arroyos no estaban disponibles, la determinación del estado actual de la calidad del agua dentro de la región resultó difícil. Para proporcionar una indicación de las zonas que pueden tener niveles de nitrato y fosfato naturalmente más altos y, por lo tanto, con mayor probabilidad de tener una calidad de agua más pobre, se asignaron las tasas de carga de nitrógeno orgánico y fósforo. Estos se calcularon a través de ecuaciones utilizadas para modelar ciclos de nitrógeno y fósforo basados en el uso del suelo y las características del suelo (Neitsch et al., 2011). Los niveles clasificados de nitrato y fósforo presentes en el agua se basan en clasificaciones de concentración de la evaluación de la Directiva sobre nitratos en Inglaterra (ADAS, 2007) y el Grupo Asesor Técnico del Reino Unido sobre las normas europeas de la Directiva marco sobre el agua (2008),

Las salidas modeladas se utilizaron para producir mapas de nitrógeno orgánico y tasas de carga de fósforo, que muestran dónde los nutrientes están dejando las Unidades de Respuesta Hidrológica y entrando en el arroyo. Las líneas de base se asignan con respecto a los niveles naturales de nitrato presentes en el agua dentro de cada alcance de la corriente. Se trata de estimaciones de los niveles naturales sin que se aplique ninguna gestión adicional al paisaje. Los mapas de rendimiento de nitrógeno y fósforo se acercan a la principal región poblada en el suroeste del valle de Colchagua, donde se encuentran predominantemente los viñedos de las partes interesadas



**Figura 12.** Mapa de las tasas de carga de nitrógeno orgánico modeladas, donde los nutrientes están saliendo de las Unidades de Respuesta Hidrológica y entrando en el arroyo. Map se acerca a la principal región poblada en el suroeste del valle de Colchagua, donde se encuentran predominantemente los viñedos de las partes interesadas.

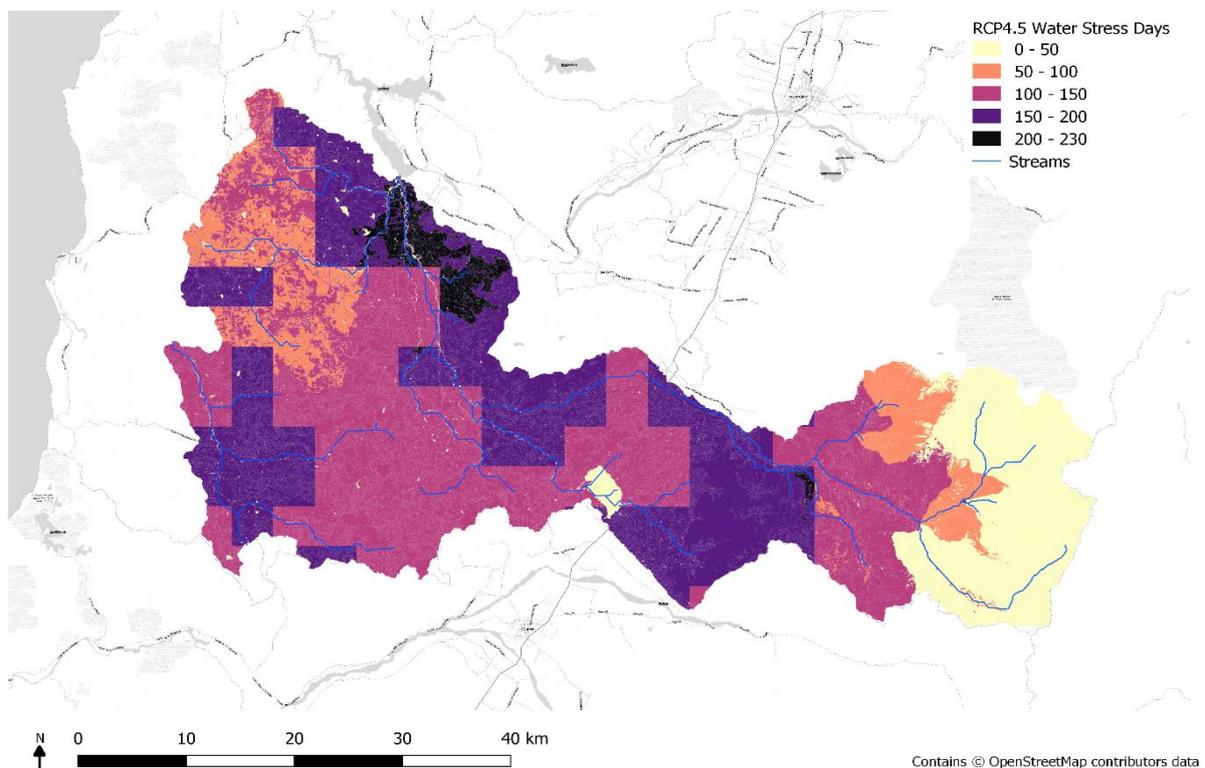


**Figura 13.** Mapa de las tasas de carga de fósforo orgánico modelado, donde los nutrientes están saliendo de las Unidades de Respuesta Hidrológica y entrando en el arroyo. Map se acerca a la principal región poblada en el suroeste del valle de Colchagua, donde se encuentran predominantemente los viñedos de las partes interesadas.

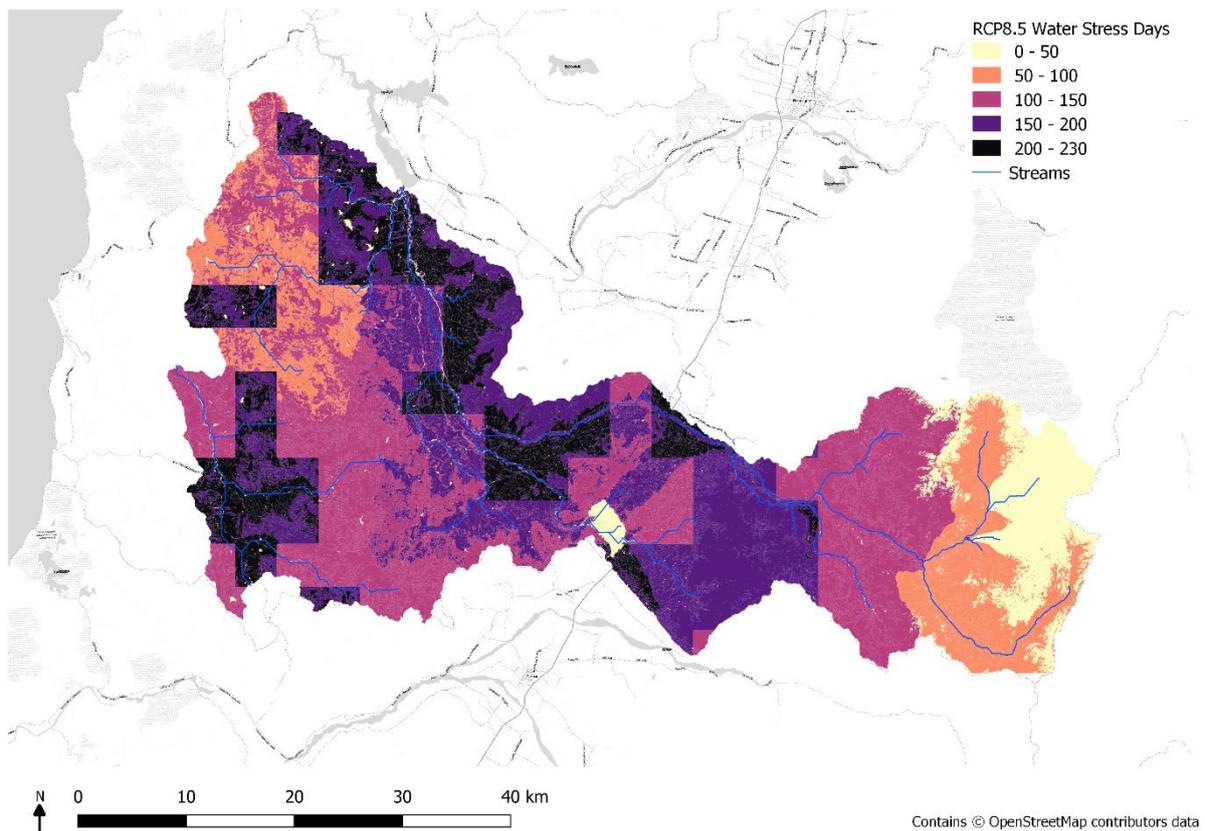
## Modelado del estrés hídrico en escenarios de cambio climático

El estrés hídrico se utiliza en la viticultura para aumentar la calidad de la fruta de las bayas, sin embargo, si los cultivos están en condiciones de déficit hídrico, esto puede reducir significativamente el rendimiento de producción (Jara, et al. 2017). Las condiciones climáticas de las zonas vinícolas, incluida la humedad y el estrés hídrico, también pueden influir en la diversidad microbiana y, por lo tanto, en el terroir, contribuyendo potencialmente a las propiedades distintivas del vino de cada región (Jara, et al. 2016).

Se elaboraron mapas de los posibles días de estrés hídrico experimentados en escenarios de cambio climático para ayudar a informar a los propietarios de viñedos sobre cómo la disponibilidad de agua puede cambiar en el futuro para medir el impacto potencial que esto puede tener en las vides. El estrés hídrico se calcula en función de la cantidad de acumulación de agua de la planta durante el día y la cantidad máxima de transpiración.



**Figura 14.** Modeló lapresentación de los días de estrés hídrico experimentados en escenarios de cambio climáticoRCP4.5, que representa un escenario de estabilización moderada en el marco del cambio climático.



**Figura 15.** Modeló lapresentación de los días de estrés hídrico experimentados en escenarios de cambio climático RCP 8.5, lo que representa un escenario de emisiones de referencia muy alto.

**Cuadro 3.** Datos utilizados en el modelado de cuencas hidrográficas

**Paisaje:** Un modelo de elevación digital proporcionado por la Misión de Topografía de Radar de Transbordador (SRTM) de la NASA en 2000. Los datos SRTM son de código abierto y están disponibles con una resolución de 30 m.

**Cuenca hidrográfica:** Los límites de delineación de cuencas hidrográficas de alto nivel se obtuvieron a partir de datos hidrológicos y mapas basados en derivados de elevación de Shuttle a múltiples escalas (HydroSHEDS) desarrollados por el Programa de Ciencia de conservación del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, 2019).

**Cubierta del suelo:** Mapa de hábitat producido para el proyecto utilizando datos Sentinel-1 y Sentinel-2.

**Suelos:** Se obtuvo un suelo de américa sudamericana de la base de agua (UNU-INWEH, 2019) basado en la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) digitalizada Mapa del Suelo del Mundo (2003).

**Clima:** Se proporcionaron datos locales de cinco estaciones meteorológicas de viñedos para 2018 con registros diarios incompletos de variables que incluyen: temperatura diaria del aire, precipitación, humedad relativa, radiación solar y velocidad del viento. Se añadieron otras estaciones de la red hidrométrica Dirección General de Aguas (DAG, 2019) del Ministerio de Obras De Obras (Géx) para mejorar las estimaciones hidrológicas.

**Clima a largo plazo:** Records de la Unidad de Investigación Climática East Anglia CRUTS3.1 conjunto de datos (Harris et al. 2014, Vaghefi et al. 2017) y del conjunto de datos meteorológicos globales del Centro Nacional para la Predicción Ambiental de Reanálisis del Sistema de Previsión del Clima (NCEP-CFSR) a través de la herramienta de datos meteorológicos de SWAT (2019) para desarrollar un generador de meteorología meteorológica para el modelo.

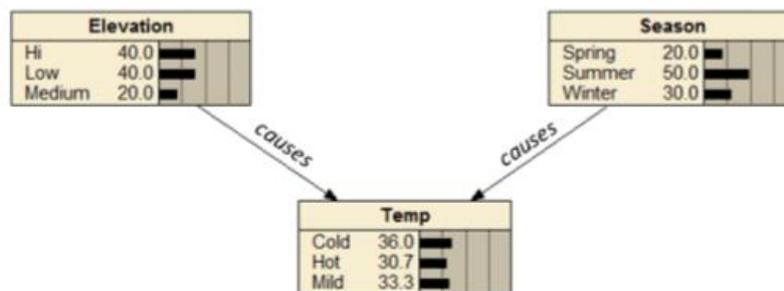
**Escenarios de cambio climático:** Se evaluaron los datos climáticos de las proyecciones climáticas de las evaluaciones de la Fase 5 del Proyecto de Intercomparación Modelo Acoplado (CMIP5) que se utilizaron en el Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Intergubernamental de Besatos sobre el Cambio Climático (IPCC) para dos escenarios de cambio climático (RCP 4.5 y 8.5). Los datos relativos a la temperatura media diaria del aire y la precipitación se obtuvieron de 2W2E (2019) que extrajo datos del proyecto ISI-MIP que desarrolló un kit de herramientas de cambio climático para proyectar y extraer datos predictivos en los escenarios cmIP5 (Vaghefi et al. 2017).

**Profundidad de nieve:** Los datos de profundidad de nieve se obtuvieron de estaciones de nieve experimentales desplegadas en un estudio de Stehr & Aguayo (2017).

## Modelado Ecológico Conceptual – Redes de Creencia Sbayesianas

Investigaciones previas llevadas a cabo por socios del proyecto en el Programa del Vino, el Cambio Climático y la Biodiversidad, junto con el conocimiento experto reunidos a través de un taller con los viñedos asociados, proporcionaron una comprensión de los diferentes enfoques de gestión y una visión de cómo los viticultores de la región veían relaciones entre la gestión y los servicios ecosistémicos.

Se utilizó un enfoque Bayesian Belief Network (BBN) para demostrar cómo sus prácticas de gestión sugeridas tienen un impacto en la prestación de servicios ecosistémicos. Este método fue elegido ya que permite un enfoque flexible para integrar el conocimiento de las diferentes salidas modeladas. Los BBN son una metodología de modelado estadístico utilizada para inferir relaciones probables entre elementos que utilizan relaciones conocidas con intermediarios. En la Figura 15 se muestra un diagrama BBN simple.



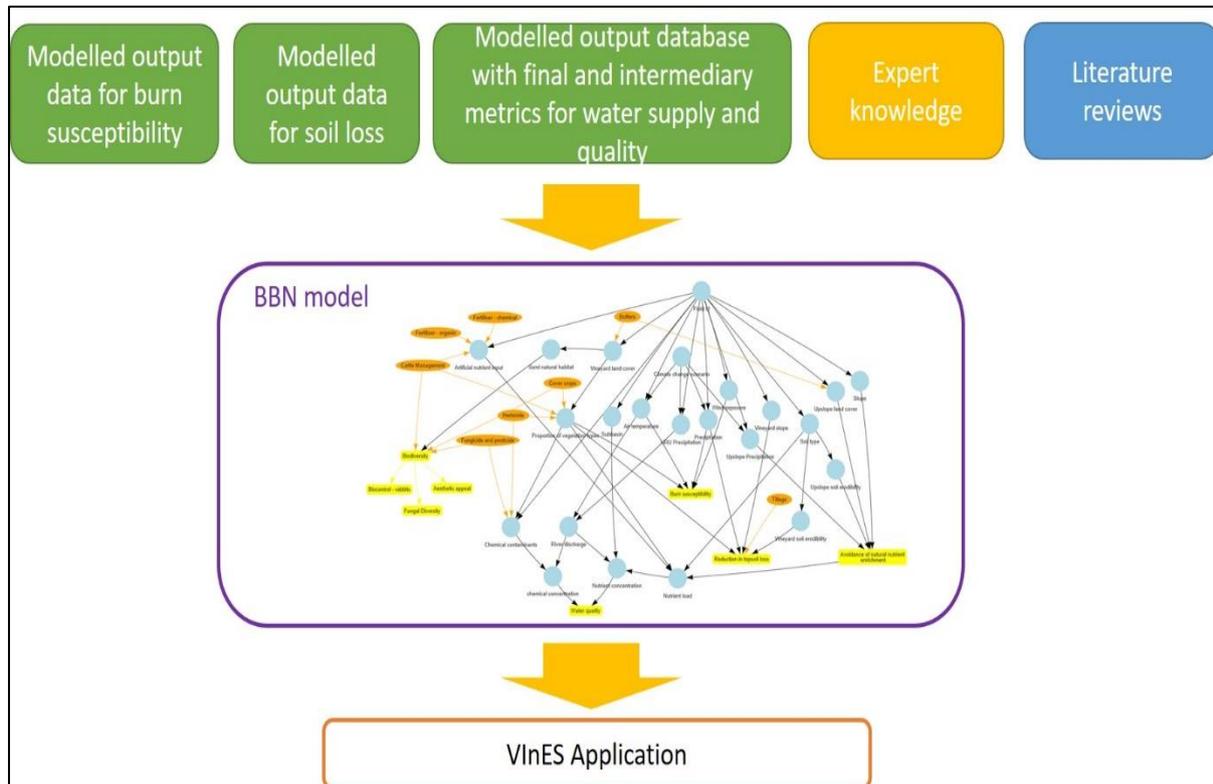
**Figura 15.** Un ejemplo de un simple diagrama de BBN (Morgan et al. 2012)

Cada componente de la red aparece como un "nodo" individual y la relación entre los nodos se denomina "borde". La dirección del borde indica la causalidad, donde un nodo "principal" puede provocar un cambio en el estado del nodo "secundario". En la figura 15, esto se ilustra con los nodos de temporada y elevación que determinan la temperatura.

Las prácticas de gestión sugeridas por VCCB (Barbosa & Godoy, 2014) y los servicios ecosistémicos clave destacados por las partes interesadas se asignaron a un nodo. Esto se desarrolló en un gráfico acíclico dirigido (DAG) que se muestra en el Apéndice 1, mediante la adición de nodos adicionales para componentes intermedios del entorno y bordes para denotar las relaciones entre nodos. La información sobre los estados de cada nodo y sus

tablas de probabilidad condicional se informó mediante una mezcla de datos medidos y modelados, revisiones bibliográficas y opiniones de expertos.

Para que el BBN sea más accesible para las partes interesadas, se desarrolló una aplicación brillante de R utilizando el panel de control resplandeciente de R, para permitir a los usuarios ver los resultados de las decisiones de gestión en una pantalla fácil de usar (sección 7). Puede encontrar más detalles sobre el desarrollo de BBN en la Sección 5 del informe técnico adjunto.



**Figura 15.** Proceso de modelado conceptual adoptado para vincular modelos para desarrollar la aplicación VINES.

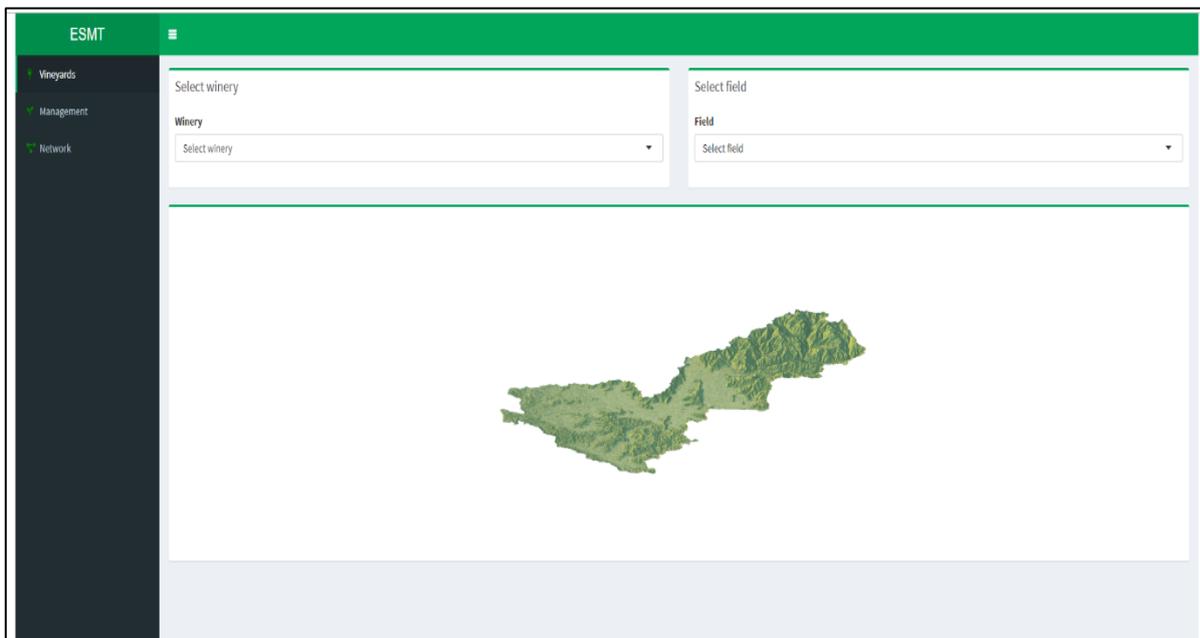
## Aplicación de la Red de Creencias Bayesianas

La aplicación Viticulture ImplemeNting Ecosystem Services (VINES) se desarrolló utilizando un tablero de control brillante R para permitir a los usuarios interrogar el BBN. Proporciona un ejemplo de cómo se pueden empaquetar los datos en un formato que puede ayudar a informar las decisiones de gestión de la tierra. La aplicación permite a los usuarios seleccionar prácticas de administración y ver cómo estas afectan a la prestación de servicios del ecosistema a una escala de campo individual. Esto permite a los gestores de viñedos explorar las relaciones entre la gestión y la prestación de servicios ecosistémicos y las diferentes compensaciones que podrían afectar a sus negocios a una escala relevante para sus operaciones.

La licencia de la aplicación VINES consta de tres pestañas, que se muestran en las capturas de pantalla de la Figura 16 a 18. La página de destino (Figura 16) muestra una imagen renderizada en 3D del valle de Colchagua. En la página de destino los usuarios pueden seleccionar su bodega y, a continuación, un campo específico, que mostrará su campo en el contexto del paisaje en una imagen renderizada en 3D (Figura 17). Esta información se alimenta en la segunda pestaña 'Gestión', que permite a los gestores de viñedos ver y

consultar los datos de su campo seleccionado, trazando la prestación del servicio del ecosistema en una gráfica de barras de color (Figura 18). Aquí los usuarios pueden seleccionar diferentes opciones de gestión y escenarios de cambio climático, que consulta el BBN y ponesin cómo la administración es probable que cambie los servicios del ecosistema, con probabilidades relativas que se muestran como 'Bueno', 'Moderado' o 'Pobre'. Esto se visualiza mediante cambios en el trazado de barras proporcional. La gráfica de la barra es interactiva, lo que permite a los usuarios pasar el cursor sobre las áreas del gráfico para recuperar los valores de probabilidad, así como mostrar y ocultar las entradas de leyenda haciendo clic en ellas. También hay una opción para descargar un archivo .csv de los datos de trazado y restablecer todas las opciones de administración a la predeterminada. La pestaña final 'Red' muestra el Gráfico Acíclico Dirigido por la Red de Creencias Demesianas, mostrando al usuario los mecanismos por los cuales cada escenario está afectando a los servicios del ecosistema y le permite visualizar la red BBN subyacente.

La solicitud VINES está disponible en línea en: <https://jncc.gov.uk/our-work/chile-viticulture-vines-app/> Más detalles sobre el desarrollo de la solicitud se pueden encontrar en el informe técnico adjunto



**Figura 16.** VINES Página de destino de la aplicación que muestra la imagen renderizada del Valle de Colchagua.

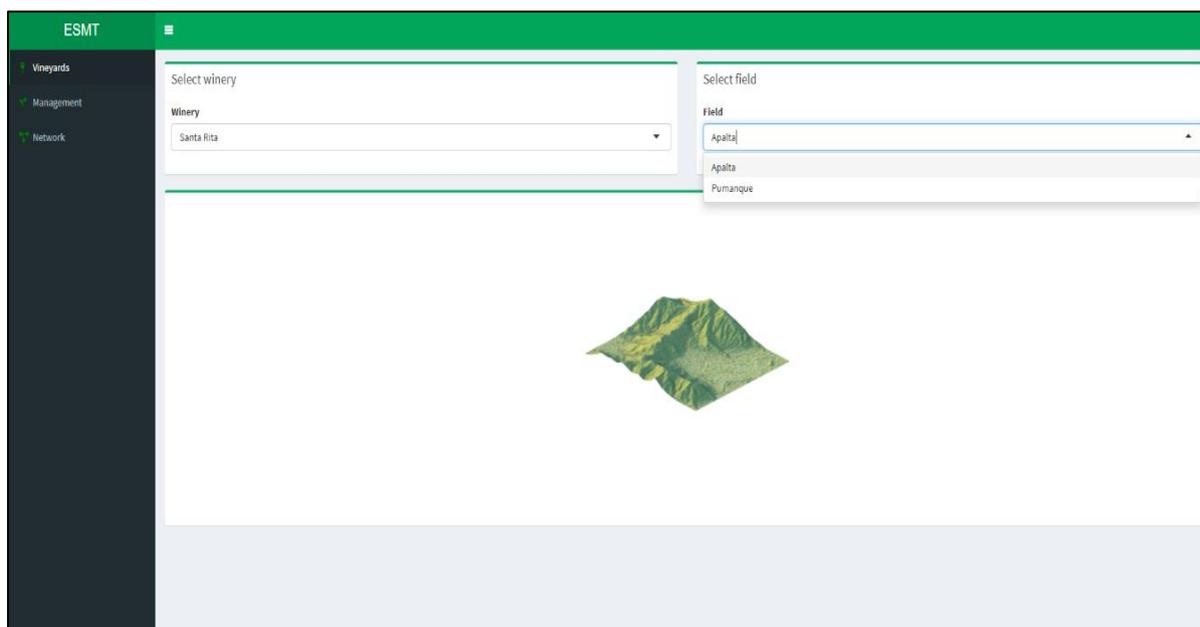


Figura 17. Vista para una combinación de viñedo y campo seleccionada.

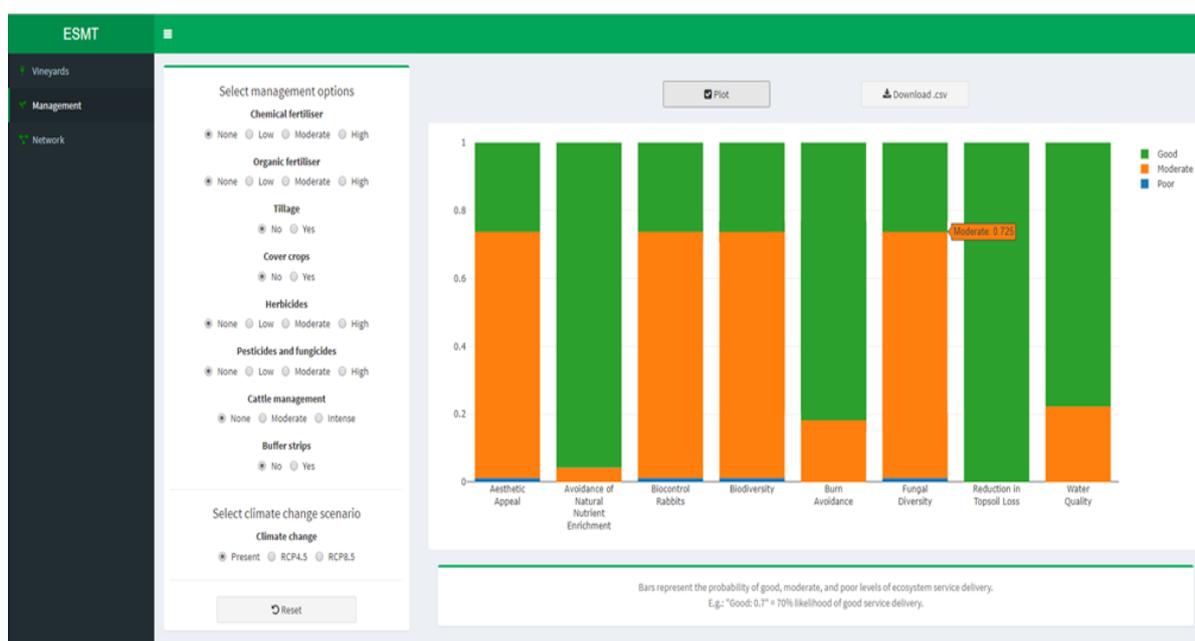


Figura 18. Ejemplo de trazado que se muestra en la aplicación, con opciones predeterminadas de gestión y cambio climático. Las barras se modifican para mostrar cómo la gestión y las variables climáticas dan como resultado una buena, moderada o mala prestación de servicios ecosistémicos a nivel de campo.

## Conclusión y próximos pasos

Este proyecto piloto se realizó durante cinco meses y debe considerarse como una prueba de concepto que demuestra cómo es posible combinar el conocimiento industrial y local con las ciencias de los ecosistemas para demostrar las interacciones entre la gestión de la tierra, los factores bióticos y abióticos y el efecto en servicios ecosistémicos críticos para el negocio. Como los modelos no han sido validados, las salidas deben tratarse como indicativas y no absolutas.

Debido a la falta de datos locales, los modelos se basan en gran medida en datos regionales y nacionales. No obstante, el proyecto define el tipo de datos e información necesarios para mejorar la precisión de los modelos para permitir que se apliquen con mayor confianza en un contexto de administración local. Con más tiempo y recursos, una segunda fase podría trabajar más estrechamente con los gestores de viñedos para obtener los datos necesarios, y desarrollar más modelos, adaptándolos a condiciones más localizadas.

Si bien los modelos proporcionan una indicación útil de los procesos ecológicos y los impulsores que alteran su función y la posterior prestación de servicios ecosistémicos, no sustituyen la necesidad de supervisión y evaluación en tierra de las intervenciones de ordenación del suelo. Proporcionan una indicación de dónde las intervenciones son más propensas a conservar o restaurar los servicios ecosistémicos, lo que permite a los viñedos tomar decisiones informadas sobre cómo la inversión en la gestión basada en los ecosistemas puede mejorar la resiliencia del viñedo y del paisaje circundante en el que se basan.

Los enfoques desarrollados y demostrados aquí se pueden adaptar a otros escenarios, servicios ecosistémicos y uso del suelo, siendo la principal salvedad de la disponibilidad de datos.

## Posibles pasos para mejorar el modelo

Working más de cerca con los viñedos para recopilar y aplicar datos locales y desarrollar escenarios relevantes para sus aplicaciones de campo ayudaría a obtener una comprensión más detallada de los vínculos entre las decisiones de gestión, las respuestas del ecosistema, las variables abióticas y los impactos. Esto no sólo ayudaría a mejorar el rendimiento de BBN, sino que aumentaría la precisión de la información de salida que se produce. Por ejemplo, a falta de datos disponibles sobre las prácticas de gestión actuales adoptadas por los viñedos focales, las condiciones se modelaron sin tener en cuenta las prácticas ya en vigor. Cada viñedo fue revisado de forma aislada, y se supone que la gestión de un viñedo no afecta a la gestión en otro. Una mejor comprensión de las intervenciones actuales implementadas por los viñedos y otros usuarios de la tierra proporcionaría una mejor imagen del juego entre las diferentes actividades, lo que podría identificar oportunidades para la gestión cooperativa para maximizar los servicios ecosistémicos y minimizar los impactos ambientales.

La introducción de datos más relevantes a nivel local y precisos podría informar mejor a los modelos, lo que a su vez daría lugar a que el BBN proporcionara mejores indicaciones de los efectos de las decisiones de gestión de local en los ecosistemas. Además de la disponibilidad de datos, hubo lagunas de datos en los datos meteorológicos locales proporcionados por las partes interesadas. Estos eran inconsistentes en sus intervalos de tiempo y faltan varias de las variables ambientales requeridas por los modelos con el fin de simular de forma precisa el clima en el valle.

Otros puntos de visualización del terreno de las encuestas de campo podrían ayudar a mejorar la validación del mapa del hábitat en un área más amplia. Su salud mejoraría la precisión de la clasificación de diferentes usos de la tierra y ayudaría a informar mejor el mapeo del servicio del ecosistema, y a detectar cambios con el tiempo. El uso de imágenes satelitales de muy alta resolución (resolución de >10m) también mejoraría la cartografía del hábitat.

Debido a la escasez de datos de suelos locales, se ha utilizado una capa de datos de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de baja resolución (FAO), que no refleja con precisión cómo las composiciones del suelo pueden

variar espacialmente a través del paisaje. Los datos del aceite podrían mejorarse con el suministro de datos o muestreos locales, especialmente en términos de características biofísicas y tasas de pérdida de suelo.

Otros supuestos en los modelos se introdujeron where local crop características y las mediciones no estaban disponibles y en su lugar se emparejaron con el tipo de cultivo más cercano en las bases de datos de cultivos de los modelos, que se basan en los tipos de cultivos templados de los EE.UU.A. La información sobre las características de los cultivos locales mejoraría la precisión de la evaluación de factores como la demanda de agua y el estrés y la permeabilidad del suelo.

Con más tiempo, se podría realizar un análisis de sensibilidad para evaluar la influencia relativa que las capas de datos y sus resoluciones espaciales tenían sobre los resultados del modelo, ayudando en su rendimiento y capacidad predictiva. Además, los modelos no se validaron, ya que los datos no estaban disponibles para probar el rendimiento predictivo del modelo, por lo tanto, se proporcionaron como datos categóricos ilustrativos. Si se proporcionaran mediciones reales y se llevara a cabo la validación del modelo, se podrían demostrar los valores a las partes interesadas, lo que produciría un resultado más significativo.

Los modelos fueron limitados en la escalabilidad de los resultados, por ejemplo, las salidas del modelo SWAT se produjeron en una escala de unidad de respuesta hidrológica (HRU). Se podría seguir examinando la identificación de las solicitudes específicas de la unidad de gestión y la forma en que se pueden producir resultados modelados a una escala pertinente para las partes interesadas.

Debido a las limitaciones de tiempo y recursos, no fue posible cubrir todos los servicios ecosistémicos identificados como "importantes" por las partes interesadas. Los trabajos futuros podrían explorar aún más el biocontrol natural de las especies de plagas y desarrollar las relaciones con estos servicios ecosistémicos y los componentes ambientales basados en revisiones de la literatura. Los valores de las zonas clásicas asociados a los viñedos y el paisaje también podrían incorporarse en los trabajos futuros.

La biodiversidad es de suma importancia para el terruño de la región vitivinícola. Se podrían explorar organismos de investigación como levaduras silvestres y comunidades microbianas del suelo en relación con la ordenación de la tierra y la planificación espacial para mantener o restaurar características únicas del paisaje.

Los modelos de servicio ecosistémico y la Red de Creencias Bayesianas que se ha desarrollado en este proyecto se pueden utilizar para informar los esquemas de monitoreo ambiental, evaluar los resultados en términos reales, como si la reducción de la densidad de siembra de ganado impacta los suelos o la calidad del agua y proporcionar información útil para informar a los propietarios de tierras sobre las decisiones de gestión sostenible. En el futuro, existe el potencial de seguir desarrollando este trabajo y explorar cómo las organizaciones de productores pueden cuantificar y utilizar este tipo de información para ayudar a sus productores a alcanzar el potencial del sector y mejorar e informar sobre el desempeño medioambiental.

## Referencias

- Adas. 2007. Nitratos en el agua – el estado actual en Inglaterra. Informe ADAS a Defra – documento de apoyo D1 para la consulta sobre la aplicación de la Directiva sobre nitratos en Inglaterra. Julio de 2007.
- Alvarez-Garretón, C., Mendoza, P.A., Boisier, J.P., Addor, N., Galleguillos, M., Zambrano-Bigiarini, M., Lara, A. Puelma, C., Cortes, G., Garreaud, R., McPhee, J. & Ayala, A. 2018. El conjunto de datos CAMELS-CL: atributos de captación y meteorología para grandes estudios de muestra – conjunto de datos de Chile. *Ciencias de la Hidrología y del Sistema de la Tierra* **22**: 5817-5846. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5817-2018>.
- Barbosa, O. & Godoy, K. 2014. Conservación biológica en viñedos: conceptos claves y actividades prácticas. Programa Vino Cambio Climático y Biodiversidad Chile. Universidad Austral de Chile 2014.
- Boisier, J.P., Alvarez-Garretón, C., Cordero, R.P., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R.D., Lambert, F., Ramallo, C., Rojas, M., Rondanelli, R. 2018. Secado antropogénico en el centro-sur de Chile evidenciado por observaciones a largo plazo y simulaciones de modelos climáticos. *Elementa Ciencia del Antropoceno* **6**: 74. DOI: <https://doi.org/10.1525/elementa.328>.
- Bravo, C., Loriaux, T., Rivera, A. & Brock, B.W. 2017. Evaluación de la contribución de fusión de glaciares al flujo de arroyos en la Universidad Glacier, En el centro de los Andes de Chile. *Ciencias de la Hidrología y del Sistema De la Tierra* **21**(7):3249-3266.
- CBD, 2018. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Directrices para enfoques basados en ecosistemas para la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres. Disponible en: <https://www.cbd.int/sbstta/sbstta-22-sbi-2/EbA-Eco-DRR-Guidelines-en.pdf> [Acceso 09/06/2019].
- CICES, 2018. Clasificación Internacional Común de Servicios ecosistémicos Versión 5.1. Disponible en: <https://cices.eu/> [Acceso 09/06/2019].
- Comino, R.J., A. Quiquerez, S. Follain, D. Raclot, Y. Le Bissonnais, J. Casali, R. Giménez, A. Cerdá, S.D. Keesstra, E.C. Brevik, P. Pereira, J.M. Senciales, M. Seeger, J.D. Ruiz Sinoga, J.B. Ries., 2016. La erosión del suelo en viñedos inclinados se evalúa mediante el uso de indicadores botánicos y colectores de sedimentos en el valle de Ruwer-Mosel. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente*. 233, 158-170.
- CONAF, 2018. Plantas y combustibles vegetales en la ignición y propagación inicial del fuego. Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Chile.
- Dirección General de Aguas (DAG), Ministerio de Obras Públicas. 2019. Información Oficial Hidrometeorológica y de Calidad de Aguas en Línea. Available from: <http://snia.dga.cl/BNAConsultas/> reportes 2015-2018 [Accessed 13/01/2019].
- Giglio, L., Justicia, C., Boschetti, L. & Roy, D. 2015. MCD64A1 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500 m SIN Grid V006. 2015, distribuido por NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Disponible en: <https://doi.org/10.5067/MODIS/MCD64A1.006> [Acceso 06/01/2019].

- Gómez-Gonzalez S, Torres-Díaz C, Valencia G, Torres-Morales P, Cavieres LA, Pausas JG. 2011. Los incendios antropogénicos aumentan las especies anuales exóticas y nativas en el matorral costero chileno. *Diversidad y Distribuciones*. 2011; 17(1):58-67. <https://doi.org/10.1111/J.1472-4642.2010.00728.X>.
- Gómez-González, S., González, M.E., Paula, S., Díaz-Hormazábal, I., Lara, A. & Delgado-Baquerizo, M. 2019. Temperature and agriculture are largely associated with fire activity in Central Chile across different temporal periods. *Forest Ecology and Management* 433: 535-543.
- Grashof-Bokdam, C. J. & van Langevelde, F. 2005. Veting verde: determinantes del paisaje de la biodiversidad en los paisajes agrícolas europeos. *Ecología del Paisaje* 20: 417-439.
- Hannah L, Roehrdanz PR, Ikegami M, Shepard AV, Shaw MR, Tabor G, Zhi L, Marquet PA, Hijmans RJ.. 2013. Cambio climático, vino y conservación. *PNAS* 110 (17): 6907–6912. <https://www.pnas.org/content/pnas/110/17/6907.full.pdf> [Acceso 05 /06/2019].
- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J., Lister, D.H., 2013. Redes actualizadas de alta resolución de observaciones climáticas mensuales - el conjunto de datos CRU TS3.10. *Revista Internacional de Climatología* 34(3): 623e642.
- Jara, J., Holzapfel, E.A., Billib, M., Arumi, J.L., Lagos, O., Rivera, D. 2017. Efecto de la aplicación del agua en la calidad del vino y el rendimiento en 'Carménère' bajo la presencia de un cuadro de aguas poco profundas en el centro de Chile. *Revista Chilena de Investigación Agrícola* 77(2): <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000200171>.
- Jara, C., Laurie, V.F., Mas, A. Romero, J. 2016. Terroir microbiano en Valles Chilenos: Diversidad de levaduras no convencionales. *Fronteras en Microbiología* 7: 663.
- JNCC, 2019. Capital Natural en los Territorios de Ultramar del Caribe y Atlántico Sur: Valoración, Vulnerabilidad y Seguimiento del Cambio. Disponible en: <http://jncc.defra.gov.uk/default.aspx?page=7443> [Acceso 09/06/2019].
- Journet, G. 2016. Viticultura y servicios ecosistémicos: de mitos a la realidad con viticultores chilenos. Tesis de Maestría 2016 30 ECTS. Departamento de Ciencias Vegetales, Norges Milje-of biovitenskapelige universitet.
- Márquez-García, M., Jacobson, S.K., Barbosa, O. 2018. Vino con un ramo de biodiversidad: Evaluación de la adopción agrícola de prácticas de conservación en Chile. *Conservación Ambiental* página 1 de 9. doi:10.1017/S0376892918000206.
- MOD13A1 Versión 6. Disponible en: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13a1v006/> [Acceso 09/06/2019].
- Morgan, J.D., Hutchins, M.W., Fox, J. & Rogers, K.R. 2012. Un Marco Metodológico centrado en la integración de datos SIG y BBN para el análisis de álgebra de mapas probabilísticos. *7a Conferencia Internacional, GIScience, Columbus, OH*.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R. 2011. Herramienta de Evaluación de Suelos y Agua Versión de Documentación Teórica 2009. *Informe Técnico* No.406 del Instituto de Recursos Hídricos de Texas. septiembre de 2011.
- Pauchard A, García RA, Pena E, González C, Cavieres LA, Bustamante RO. Comentarios positivos entre las invasiones de plantas y los regímenes de incendios: Teline

- monspeulana (L.) K. Koch (Fabaceae) en el centro de Chile. *Invasiones biológicas*. 2008; 10(4):547-53. <https://doi.org/10.1007/S10530-007-9151-8>.
- Puig-Montserrat, X. Stefanescu, C., Torre, I., Palat, J., Fábregas, E., Dantart, J., Arrizabalaga, A. & Flaquer, C. 2017. Efectos de la gestión de cultivos orgánicos y convencionales en la biodiversidad de los viñedos Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente. *Agricultura, Ecosistemas y Medio Ambiente* 243: 19–26.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Marques, M.J., 2011. Dilemas de conservación del suelo y del agua asociados con el uso de la cubierta verde en viñedos escarpados. *Soil Tillage Res.* 117, 211–223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.still.2011.10.004>.
- Ruiz-Colmenero, M., Bienes, R., Eldridge, D.J., Marques, M.J., 2013. La cubierta vegetal reduce la erosión y potencia el carbono orgánico del suelo en un viñedo del centro de España. *Catena* 104, 153–160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.11.007>.
- Simoës, A. J. G. e Hidalgo, C. A. 2011. El Observatorio de Complejidad Económica: Una herramienta analítica para entender la dinámica del desarrollo económico. Talleres en la Vigésima Quinta Conferencia AAAI sobre Inteligencia Artificial. Disponible en: <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/country/chl/> [Acceso 09/06/2019].
- Tribot, A.S., Deter, J. & Mouquet, N. 2018. Integrando el valor estético de los paisajes y la diversidad biológica. *Proc Biol Sci.* 285(1886):2018.0971.
- TerraClimate Disponible en: <http://www.climatologylab.org/terraclimate.html> [Acceso:11.06.2019].
- Grupo Asesor Técnico del Reino Unido (UKTAG) sobre la Directiva Marco del Agua (WFD). 2008. Normas y condiciones ambientales del Reino Unido (Fase 1) Informe final de abril de 2008 (SR1 – 2006). Disponible en: [http://www.wfduk.org/sites/default/files/Media/Environmental%20estándares/Mediaambiente%20estándares%20phase%201\\_Finalv2\\_010408.pdf](http://www.wfduk.org/sites/default/files/Media/Environmental%20estándares/Mediaambiente%20estándares%20phase%201_Finalv2_010408.pdf) [Consultado 09/04/2019].
- Pnuma. 2006. Gestión basada en los ecosistemas: Marcadores para evaluar los progresos. Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino contra las Actividades Terrestres (ACP) del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La Haya. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/meetings/mar/mcbem-2014-04/other/mcbem-2014-04-unep-01-en.pdf> [Acceso 09/06/2019].
- UN FAO/UNESCO. 2003. El Mapa Digital del Suelo del Mundo. Disponible en: [http://www.waterbase.org/data/Global\\_Soil\\_Data/readme.pdf](http://www.waterbase.org/data/Global_Soil_Data/readme.pdf) [Acceso 06/01/2019].
- UNU-INWEH. 2019. WaterBase: Reds de datos mundiales. Disponible en: [http://www.waterbase.org/download\\_data.html](http://www.waterbase.org/download_data.html). [Acceso: 14.12.2018] .
- Van Vuuren, D.P., Edmonds, J., Kainuma, M., Riahi, K., Thomson, A., Hibbard, K., Hurtt, G.C., Kram, T., Krey, V., Lamarque, J.F., Masui, T., Meinshausen, M., Nakicenovic, N., Smith, S.J., Rose, S.K. 2011. Las vías de concentración representativas: una visión general. *Cambio Climático* 109: 5-31. DOI 10.1007/s10584-011-0148-z.
- van Leeuwen, C., Tregoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillere, J.P., 2009. El estado del agua de la vid es un factor clave en la maduración de la uva y la calidad

vintage del vino tinto bordeaux. ¿Cómo se puede evaluar para fines de gestión del viñedo?. J. Int. Sci. Vigne Vin. 43, 121–134.

Vaghefi, S.A., Abbaspour, N., Kamali, B., Abbaspour, K.C. 2017. Un conjunto de herramientas para el análisis del cambio climático y el reconocimiento de patrones para condiciones climáticas extremas – Caso práctico: Península de California-Baja California. *Modelado Ambiental y Software*. **96**: 181-198. ISSN 1364-8152. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.06.033>.

VCCB, 2008. Programa Vino, Cambio Climático y Biodiversidad. Available at: <http://www.vccb.cl/english/index.html> [Accessed 09/06/2019].

Viñas de Colchagua A. G. 2012. Colchagua Vina & Ruta: Bodegas Colchagua. <http://www.colchaguavalley.cl/en/> [Consultado el 21/05/2019].

WorldClim Version2. Disponible en: <http://worldclim.org/version2> [Acceso:11. 06.2019].

Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF). 2019. HydroSHEDS Disponible en: <https://www.worldwildlife.org/páginas/hidrosheds>. [Acceso:12.12.2018] .

Proyecto WorldPop (2016). Disponible en: <https://www.worldpop.org/> [Acceso:11. 06.2019].

## ANEXO 1.

Bayesian Belief Network Directed Acyclic Graph (DAG). Los nodos naranjas representan prácticas de gestión de viñedos. Los nodos blue representan componentes/características del ecosistema donde se pueden agregar datos para explorar estos factores a escala espacial. Los nodos Amarillo destacan los servicios ecosistémicos clave que pueden prestar los viñedos. Las flechas o los "bordes" representan la relación causal entre nodos.

